

А. П. Васильев  
В. М. Сиденко

---

# **ЭКСПЛУАТАЦИЯ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОВ И ОРГАНИЗАЦИЯ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ**

Под редакцией проф. А. П. Васильева

Допущено Государственным комитетом СССР  
по народному образованию в качестве  
учебника для студентов высших учебных  
заведений, обучающихся по специальности  
"Строительство автомобильных  
дорог и аэродромов"



МОСКВА "ТРАНСПОРТ" 1990

УДК 625.7/8.004 (075.8)

**Васильев А. П., Сиденко В. М.** Эксплуатация автомобильных дорог и организация дорожного движения: Учебник для вузов; Под. ред. А. П. Васильева.– М.: Транспорт, 1990.– 304 с.

Рассмотрены теоретические основы содержания и ремонта дорог, организации и обеспечения безопасности движения на них средствами дорожной службы, организация и управление эксплуатацией дорог, воздействие транспортных средств и дороги на окружающую среду, методы и средства диагностирования, показатели оценки состояния дорог.

Изложены практические методы поддержания и повышения технического уровня и эксплуатационного состояния автомобильных дорог, содержания и ремонта земляного полотна, дорожных одежд, сооружений и зданий.

Учебник рассчитан на студентов автомобильно-дорожных вузов и факультетов по специальности 2910 «Строительство автомобильных дорог и аэродромов».

Ил. 189, табл. 35, библиогр. 66 назв.

Учебник подготовлен проф. А. П. Васильевым. Материалы проф. В. М. Сиденко вошли в главы 4, 11 (п. 11.2), 12, 17, 18.

Рецензенты: кафедра строительства дорог СибАДИ; канд. техн. наук А. Я. Эрастов (НПО Росдорнии)

Заведующий редакцией Л. П. Топольницкая

Редактор В. Г. Чванов

3203020000-271  
В  $\frac{3203020000-271}{049(01)-90}$  157-90

ISBN 5-277-00877-2

© А. П. Васильев, Л. М. Сухачева, 1990

Дорожное хозяйство страны в настоящее время находится на сложном этапе развития, когда от преимущественного строительства новых дорог центр тяжести постепенно и неуклонно переходит к эксплуатации дорог, повышению их технического уровня и эксплуатационного состояния, капитальности дорожных одежд, реконструкции дорог и мостов. На первое место выдвигаются задачи повышения скорости, удобства и безопасности движения, инженерного оборудования и обустройства, архитектурно-эстетического оформления и другие задачи, составляющие комплекс эксплуатационного содержания дорог.

Дорожные организации выполняют огромный объем работ по содержанию и ремонту дорог, обеспечению безопасности движения. На эти цели расходуется ежегодно от 60 до 85% всех затрат на развитие дорожного хозяйства, что в 1,5–2 раза превышает затраты на строительство новых дорог.

Автомобильные дороги представляют собой комплекс инженерных сооружений для непрерывного, удобного и безопасного движения автомобилей с расчетной нагрузкой и установленными скоростями. В этот комплекс входят земляное полотно, дорожная одежда, мосты, трубы, другие искусственные сооружения, обустройство дорог и защитные сооружения, здания и сооружения автосервиса, дорожных и автотранспортных служб. Параметры и состояние элементов дороги и дорожных сооружений определяют ее технический уровень.

Технический уровень дороги – степень соответствия постоянных (не меняющихся в процессе эксплуатации или меняющихся только при реконструкции и ремонте) ее параметров и дорожных сооружений нормативным требованиям: проектная ширина проезжей части и земляного полотна, длина прямых и кривых, протяженность и крутизна подъемов и спусков, высота насыпей, глубина выемок, габариты и грузоподъемность мостов и путепроводов, элементы обустройства.

Эксплуатационное состояние – степень соответствия нормативным требованиям переменных параметров и характеристик дороги, изменяющихся под воздействием транспортных средств, метеорологических условий, уровня содержания: прочность одежды, состояние поверхности дороги и фактически используемая ширина проезжей части и обочин, сцепные качества и ровность покрытия, состояние разметки, инженерного оборудования.

К основным транспортно-эксплуатационным показателям автомобильной дороги и дорожных сооружений относят обеспеченную скорость и пропускную способность, непрерывность, удобство и безопасность движения, способность пропускать автомобили и автомобильные поезда с осевой нагрузкой и общей массой, соответствующими категории дороги.

На автомобильных дорогах общего пользования создают дорожную службу, основная задача которой – осуществлять комплекс работ по ремонту и содержанию дорог и соору-

жений на них, а также по организации движения, обеспечивающих требования к транспортно-эксплуатационным показателям дорог.

Конечная цель деятельности дорожной службы – поддержание и повышение технического уровня и эксплуатационного состояния дорог в соответствии с ростом интенсивности движения и нагрузки, и тем самым повышение производительности и эффективности работы автомобилей, снижение себестоимости перевозок.

Для обозначения указанной деятельности применяют не вполне корректные термины «эксплуатация дорог» или «дорожно-эксплуатационная служба», так как дорожная служба не эксплуатирует дорогу, а обеспечивает ее функционирование. Поэтому правильнее будет термин «техническая эксплуатация дорог и организация движения», под которым следует понимать систему планово-предупредительных и ремонтно-восстановительных работ, а также организационно-технических мероприятий, обеспечивающих удобное и безопасное движение автомобилей и наиболее эффективное использование дорог для перевозки грузов и пассажиров.

В состав работ по технической эксплуатации дорог входит изучение и анализ условий работы дорог, условий движения транспортных средств, постоянный уход за дорогами, дорожными сооружениями и полосой отвода; поддержание их в чистоте и порядке; регулярное содержание и периодические ремонты дорог и сооружений; озеленение, архитектурно-эстетическое оформление и обустройство; реализация мероприятий, повышающих технический уровень и эксплуатационное состояние дорог, приведение их в соответствие с возрастающими требованиями; организация, управление и регулирование движения, обеспечение

его безопасности, совершенствование дорожного сервиса.

Дорожная сеть – национальное богатство страны, и она заслуживает к себе отношения именно как к национальному богатству, которое нужно беречь, преумножать и эффективно использовать. Этому посвящена вся деятельность по ремонту и содержанию дорог и организации дорожного движения.

Научные основы эксплуатации автомобильных дорог заложены в трудах профессоров Г. Д. Дубелира и А. К. Бируля. Развитию этих основ посвящены работы профессоров Н. Н. Иванова, В. Ф. Бабкова, В. М. Сиденко, В. К. Некрасова, Н. А. Пузакова, Я. А. Калужского, К. С. Теренецкого, А. Я. Тулаева, М. Б. Корсунского, кандидата техн. наук Г. В. Бялбжеского, М. Я. Телегина, Н. И. Иголкина, Е. И. Попова, А. А. Кунгурцева и других. Научные основы организации и обеспечения безопасности дорожного движения созданы трудами профессоров В. Ф. Бабкова, М. С. Замахеева, Г. И. Клинковштейна, Е. М. Лобанова, В. В. Сильянова, Я. В. Хомяка и других.

Преобладающая часть выпускников автомобильно-дорожных вузов и факультетов направляются на работу в дорожно-эксплуатационные организации. Поэтому роль курса эксплуатации дорог и организации движения в их подготовке имеет особое важное значение.

Курс эксплуатации автомобильных дорог и организации дорожного движения завершает специальную подготовку инженеров-дорожников. Изложение учебника исходит из того, что студенты ранее изучили комплекс общеинженерных и специальных дисциплин. Для более глубокого усвоения излагаемого материала необходимо самостоятельное изучение рекомендуемой литературы.

# ОСНОВЫ ТЕОРИИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ДОРОГ И ОРГАНИЗАЦИИ ДВИЖЕНИЯ

## Глава 1

### СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЗНАЧИМОСТЬ ЭКСПЛУАТАЦИИ ДОРОГ И ОРГАНИЗАЦИИ ДВИЖЕНИЯ

#### 1.1. Дорожная сеть страны и безопасность движения

**Развитие и состояние дорожной сети.** В единой транспортной системе страны значительное место принадлежит автомобильному транспорту, который перевозит 82,5% всех грузов, что в 4,7 раза больше других видов транспорта, вместе взятых, и в 6,5 раза больше железнодорожного. В грузообороте доля автомобильного транспорта значительно меньше – всего около 7% (рис. 1.1). Сеть автомобильных дорог на конец 1987 г. составляла 1609,9 тыс. км, в том числе дорог общего пользования – 971,2 тыс. км, ведомственных – 638,7 тыс. км. Протяженность дорог с твердым покрытием 1196,0 тыс. км, в том числе дорог общего пользования – 842,7 тыс. км, ведомственных – 353,3 тыс. км.

Темпы развития дорожной сети длительное время отставали от темпов развития автомобильного транспорта, вследствие чего возрастала удельная нагрузка на автомобильные дороги. Только в одиннадцатой пятилетке темпы развития сети автомобильных дорог достигли темпов развития грузового автомобильного транспорта (рис. 1.2). При этом темпы роста протяженности дорог с усовершенствованными покрытиями опережают общее развитие дорожной сети.

Для успешного функционирования автомобильно-дорожной системы, т. е. автомобильного транспорта и дорог, параметры и характеристики дорог должны удовлетворять требованиям движения автомобилей, а основные параметры и характеристики автомобилей соответствовать тем, на которые рассчитаны дороги.

На дорогах общего пользования действуют установленные международными соглашениями ограничения габарита автомобилей: по ширине – не более 2,5 м, по высоте с грузом – не более 4 м на дорогах I–IV категорий и не более 3,8 м на дорогах V категории. Длина одиночного автомобиля должна быть не более 12 м, автомобильного поезда с одним прицепом – до 20 м, с двумя – 24 м. Для дорог I–IV категорий допустимая нагрузка на одиночную ось 100 кН, а при двух сдвоенных осях – 180 кН (автомобили группы А), для дорог V и IV категорий с переходным покрытием – соответственно 60 и 100 кН (автомобили группы Б).

Для сохранности дорожных одежд важное значение имеет ограничение среднего удельного давления, которое передает колесо автомобиля на дорогу  $P_{ср}$ , и удельного давления, передаваемого по выступам шины  $P_{в}$ :

	$P_{ср}$ МПа	$P_{в}$ МПа
Автомобили с осевой нагрузкой 100 кН	0,60	0,85
Автомобили с осевой нагрузкой 60 кН	0,50	0,80

Для автобусов и троллейбусов эти значения разрешается превышать,

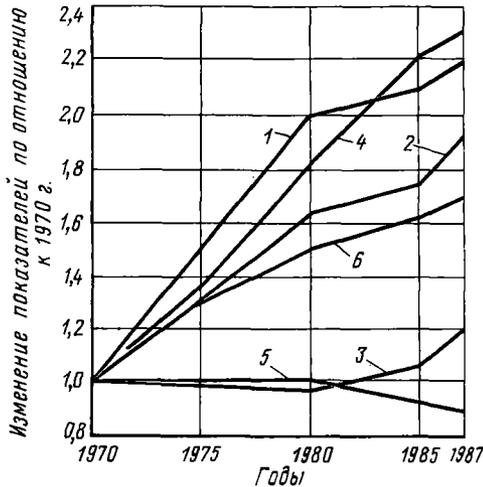


Рис. 1.1. Динамика роста автомобильных перевозок и развития дорожной сети:

1 - грузооборот автомобильного транспорта, т·км; 2 - объем перевозок, т; 3 - протяженность всех автомобильных дорог; 4 - то же с твердым покрытием; 5 - то же общего пользования; 6 - то же с твердым покрытием

но не более чем на 15%. Главный недостаток дорожной сети - слабая одежда на значительной протяженности дорог и низкая несущая способность многих мостов. Дорожные одежды, рассчитанные на пропуск автомобилей с осевой нагрузкой 100 кН, многие годы строили только на дорогах I и II категорий, а с 70-х годов - и на дорогах III категории. На дорогах IV и V категорий и в настоящее время строят тонкослойные асфальтобетонные, гравийные,

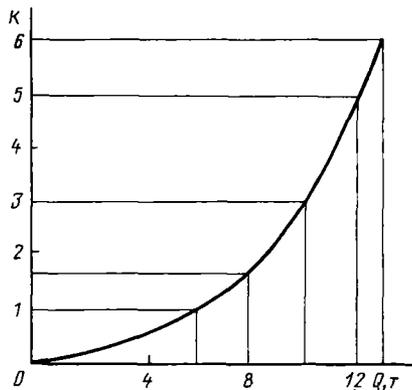


Рис. 1.3. Влияние осевых нагрузок  $Q$  на износ и разрушение дорожных одежд

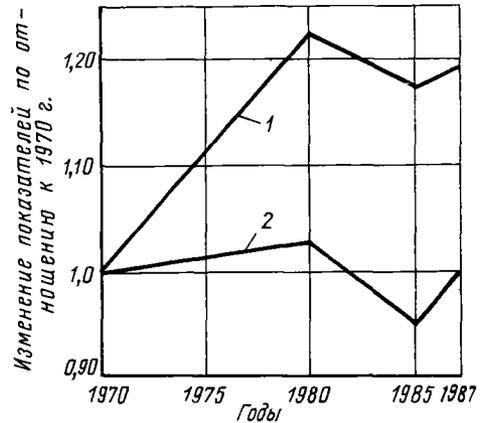


Рис. 1.2. Динамика изменения удельной нагрузки на автомобильные дороги:

1 - грузооборот, т·км, приходящийся на 1 км дороги с твердым покрытием; 2 - количество перевезенных грузов, т, приходящееся на 1 км дороги с твердым покрытием

щебеночные и другие типы одежды, рассчитанные на автомобили с осевой нагрузкой до 60 кН. В целом доля таких дорог достигает 70-80% всей протяженности. Однако автомобильная промышленность еще в 1975 г. добилась отмены Государственного стандарта на осевые нагрузки и практически прекратила выпуск грузовых автомобилей с осевой нагрузкой до 60 кН. Это привело к необходимости ежегодно ограничивать движение тяжелых автомобилей в весенний расчетный период на значительной части дорог во избежание их быстрого износа и разрушения. По данным Американской ассоциации представителей дорожных управлений штатов эквивалентный коэффициент износа  $K$  дорожных одежд под воздействием автомобилей осевой нагрузкой 100 кН по сравнению с давлением на ось 60 кН увеличивается в 2,9 раза (рис. 1.3).

Сложившееся соотношение между требованиями автомобильного транспорта и состоянием дорожной сети приводит к необходимости ускорить темпы строительства новых дорог и особенно технического совершенствования существующих.

Огромной важности задачи нужно решить в части повышения уровня содержания дорог. Ежегодный прирост сети дорог с твердым покрытием за счет строительства и реконструкции составляет около 2–3%. По-прежнему 85–90% перевозок будет осуществляться по старым дорогам, от состояния которых зависит эффективность работы автомобильного транспорта, степень удовлетворения потребностей многих миллионов людей, пользующихся дорогами, и безопасность движения.

**Состояние дорог и безопасность движения.** Существенной издержкой автомобилизации являются дорожно-транспортные происшествия. На автомобильных дорогах, улицах городов и других населенных пунктов нашей страны в 1989 г. в дорожно-транспортных происшествиях погибли более 58 тыс. и получили ранения 347 тыс. чел.<sup>1</sup>

Анализ статистики ДТП во многих странах мира, выполненный проф. В. Ф. Бабковым, показывает, что на долю водителя приходится от 41 до 96% всех ДТП. Дорожным условиям отводится меньшая

роль – от 6 до 48% [1, 3, 21]. В СССР по данным ГАИ водителей признают виновниками в 70–80% ДТП, а недостатки дорог – в 8–14%. Из числа дорожных самыми частыми причинами ДТП являются скользкость, недостаточная ровность покрытия и другие факторы, зависящие от уровня содержания дорог (табл. 1.1).

Более полное представление о роли дорожных условий дают обследования с использованием передвижных дорожных лабораторий, которые в широких масштабах выполнены сотрудниками МАДИ, КАДИ, Гипродорнии и ряда других институтов. Анализ позволяет разделить причины ДТП на группы по степени влияния: главная или основная причина, оказавшая наибольшее влияние на возникновение ДТП; активные причины или факторы (обычно их несколько), в значительной мере способствующие возникновению ДТП; косвенные или второстепенные (их тоже, как правило, несколько), незначительно влияющие. Исследования показывают, что ошибки водителей в управлении автомобилем и нарушения правил движения действительно являются главной причиной большинства ДТП. Но эти ошибки и нарушения очень часто связаны с недостатками

<sup>1</sup> Аргументы и факты, № 10 (491), 10–16 марта 1990.

Таблица 1.1

Причины ДТП	Дороги общегосударственного и республиканского значений, %	Дороги местного значения, %
Скользкое покрытие	60,3	45,1
Покрытие с неровностями	9,6	20,5
Плохое содержание дорог зимой	7,6	4,7
Плохое состояние, недостаточная ширина или отсутствие обочин	6,0	6,1
Отсутствие знаков, разметки, плохая видимость знаков днем или ночью	4,8	5,2
Сужение проезжей части дорожными машинами или материалами, отсутствие ограждений в местах производства работ	2,7	4,4
Отсутствие «карманов» для остановки автобусов, тротуаров и пешеходных дорожек	1,4	1,5
Отсутствие удерживающих ограждений, большой уклон, малый радиус кривой в плане, несоответствие габаритов моста, оборудования железнодорожных переездов требованиям и другие недостатки	6,7	10,9

Таблица 1.2

Местоположение дорог	Число ДТП, %, при состоянии дорожного покрытия			
	сухом	мокроем, грязном, скользком	снежном накатанном	обледенелом
Города	73,4	14,4	7,2	5,0
Ростовская обл.	80,4	16,5	1,2	1,9
Куйбышевская обл.	71,9	13,8	11,3	3,0
Московская обл.	65,4	20,7	7,8	6,1
Мурманская обл.	41,0	10,0	33,0	16,0

автомобильных дорог и неблагоприятными погодными условиями, которые в 50–80% случаев служат одной из причин, а в 15–20% главной причиной ДТП.

В безопасности движения роль технического уровня и состояния дорог особенно четко проявляется в неблагоприятные периоды года. Существуют определенные закономерности распределения ДТП по периодам года [3]. Минимальное число ДТП отмечается зимой, весной начинается их рост, который продолжается все лето и максимума достигает осенью, когда высокая интенсивность движения сочетается с неблагоприятными погодными условиями (рис. 1.4). Число ДТП при неблагоприятном состоянии дорог, вызванном действием различных метеорологических факторов, зависит от климата, технического уровня и содержания дорог (табл. 1.2).

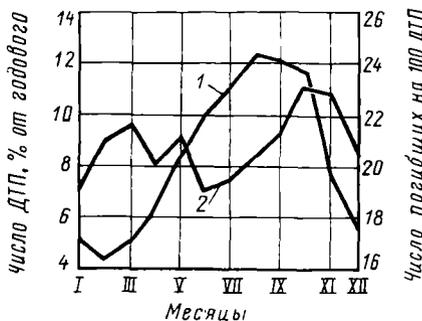


Рис 1.4. Распределение ДТП и их последствий по месяцам:

1 — число ДТП; 2 — число погибших

Наиболее опасны условия движения в дождь, снегопад, при ограниченной видимости (туман, пасмурно) и сильном ветре.

## 1.2. Дорожная сеть страны и интенсификация работы автомобильного транспорта

В настоящее время главнейшей является задача перевода экономики страны на интенсивный путь развития. Эта задача целиком относится и к автомобильному транспорту, который уже длительное время развивается экстенсивно.

Роль состояния дорожной сети. От состояния дорожной сети во многом зависит число часов работы автомобиля в году на линии. Фактическое число часов работы автомобиля в году колеблется от 1000 до 4000 ч, а его годовая производительность за счет изменения числа часов работы меняется в 1,5–2 раза.

Годовая производительность автомобиля ( $\tau \cdot \text{км/год}$ )

$$\Pi = \frac{TqK_{гр}K_{пр}K_v vl}{l + vK_{пр}t}, \quad (1.1)$$

где  $T$  — число рабочих часов в году;  $q$  — грузоподъемность автомобиля, т;  $K_{гр}$ ,  $K_{пр}$ ,  $K_v$  — коэффициенты использования грузоподъемности, пробега и времени;  $v$  — средняя скорость, км/ч;  $l$  — длина ездки, км;  $t$  — время под погрузкой и выгрузкой, ч.

Анализ расчетов по формуле (1.1) показывает, что почти все входящие

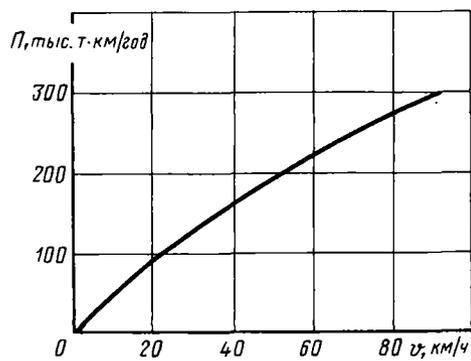
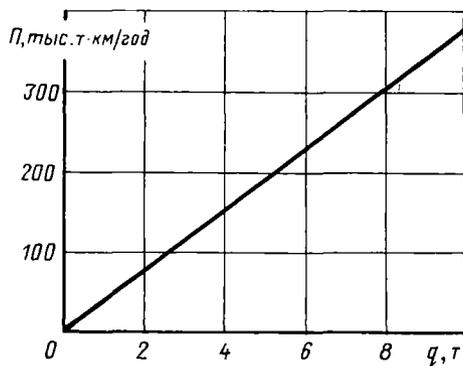


Рис. 1.5. Зависимость производительности автомобиля от его грузоподъемности и скорости

в нее показатели зависят от дорожных условий.

Значительно большее влияние на производительность автомобиля оказывает грузоподъемность и его средняя скорость (рис. 1.5). При росте грузоподъемности, например, с 3 до 10 т производительность может увеличиться более чем в 3 раза. За счет увеличения средней скорости с 30 до 90 км/ч производительность может возрасти почти в 2,4 раза. Однако грузоподъемность автомобиля прямо зависит от допустимой осевой нагрузки, следовательно, от прочности дорожной одежды и несущей способности мостов.

На скорость влияют геометрические параметры дороги, ровность, сцепные качества и состояние покрытия, инженерное оборудование дороги и организация движения, т. е. уровень содержания дороги.

Эффективность работы автомобильного транспорта характеризуется себестоимостью перевозок (коп/т·км)

$$C_{с.п} = C_{пр}/P, \quad (1.2)$$

где  $C_{пр}$  – приведенные годовые затраты на строительство и эксплуатацию дорог, приобретение автомобилей и их эксплуатацию, руб.;  $P$  – производительность автомобиля, т·км/год.

Таким образом, как производительность автомобиля, так и себестоимость перевозок непосредственно зависит от состояния дорог.

**Задачи и направления технического прогресса.** Без значительного повышения технического уровня и эксплуатационного состояния дорог нельзя решить задачу перевода автомобильного транспорта с экстенсивного на интенсивный путь развития, повышения эффективности затрат на дорожное строительство.

Дорожная сеть страны длительное время также развивалась экстенсивным путем: расчетная скорость, грузоподъемность автомобиля и допустимая осевая нагрузка остаются без изменения многие годы; не увеличиваются сроки службы дорожных одежд, не снижаются затраты на ремонт и содержание, хотя строительная стоимость 1 км дороги постоянно возрастает; не уменьшается доля ДТП из-за неудовлетворительных дорожных условий.

Существуют три основные направления совершенствования дорожной сети: повышение прочности дорожных одежд и грузоподъемности мостов в целях пропуска автомобилей с осевой нагрузкой 100 кН; улучшение геометрических параметров, ровности, сцепных качеств покрытий и других характеристик, чтобы повысить среднюю скорость транспортных потоков; одновременное повышение прочности дорожных одежд с целью перевода дорог под нагрузку 100 кН и улучшение параметров и характеристик для по-

вышения средней скорости движения.

Конечно, с позиций работы автомобильного транспорта лучшим вариантом будет одновременное повышение осевой нагрузки и средней скорости автомобилей. Однако в реальных условиях далеко не всегда имеются ресурсы и возможности для такого решения. Поэтому могут быть рассмотрены различные варианты.

Перевод дорожной сети под более высокую осевую нагрузку – один из наиболее перспективных путей повышения производительности автомобильного транспорта. Прежде чем перейти на массовый выпуск автомобилей повышенной грузоподъемности, необходимо реконструировать сотни тысяч километров дорог, значительно усилив дорожную одежду на них, перестроить, усилить и уширить десятки тысяч деревянных и железобетонных мостов. Стоимость такой перестройки и усиления составят несколько десятков миллиардов рублей. Что касается новых дорог, то их одежду целесообразно строить сразу под тяжелую нагрузку на всех дорогах независимо от категории.

В сложившихся условиях на ближайший период возможный путь роста производительности подвижного состава – увеличить не грузоподъемность, а среднюю скорость. Этот путь можно реализовать с гораздо меньшими затратами, поскольку он не потребует значительного изменения параметров автомобилей (например, мощности двигателя, динамических характеристик). Современные грузовые автомобили способны по хорошим дорогам развивать скорость даже в груженом состоянии до 100 км/ч, в то время как на большей части дорог она не превышает 50 км/ч, т.е. технические возможности автомобилей используются не более чем наполовину.

Чтобы существенно повысить среднюю скорость и безопасность движения, необходимо в процессе ремонта улучшить геометрические

параметры плана, продольного и поперечного профилей, расширить проезжую часть, укрепить краевые полосы и обочины, улучшить ровность и сцепные качества покрытий, повысить качество содержания дорог и организации движения, создать полный комплекс дорожного сервиса. Это потребует в 3–4 раза затрат меньше, чем перестройка дорог. Поэтому там, где нельзя сразу перестроить дорогу, целесообразно на первом этапе выполнить комплекс мероприятий, направленных на повышение средней скорости автомобилей. Одновременно необходимо ускорить темпы перевода дорожной сети под осевую нагрузку 100 кН. Таковы основные направления технического прогресса в эксплуатации автомобильных дорог.

Для того чтобы сеть автомобильных дорог соответствовала современным требованиям, надо ежегодно увеличивать объем ремонта на 10–15% и довести его в ближайшие годы до 240–280 тыс. км в год. В дальнейшем по мере развития дорожной сети, увеличения объемов перевозки грузов и пассажиров дорожно-ремонтные работы будут также возрастать, и эта сфера деятельности станет главной для всех дорожных организаций.

## Глава 2

### ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ УПРАВЛЕНИЯ ФУНКЦИОНИРОВАНИЕМ ДОРОГ

#### 2.1. Модель взаимодействия комплекса «водитель – автомобиль – дорога – среда»

Автомобильный транспорт в целом состоит из следующих основных элементов: подвижной состав или парк автомобилей, т.е. автомобили всех видов; путевое хозяйство или автомобильные дороги со всеми устройствами и сооружениями; материально-техническая база для обслуживания подвижного состава;

материально-техническая база дорожного хозяйства.

С позиций системного анализа все эти элементы могут быть объединены в единую автомобильно-дорожную систему. Под системой понимают комплекс взаимодействующих, взаимосвязанных, взаимообусловленных объектов материального мира, объединенных единством цели. Отдельные объекты (части) системы называют подсистемами. Подсистемы для входящих в нее более мелких частей могут рассматриваться как самостоятельные системы и, наоборот, системы могут рассматриваться как подсистемы для более сложных или больших объектов (комплексов), в которые они входят. Подвижной состав и автомобильные дороги представляют собой главные элементы автомобильно-дорожной системы, конечным продуктом взаимодействия которых являются автомобильные перевозки, т. е. доставка грузов и пассажиров, а основным производственным процессом — движение автомобилей по дорогам.

В условиях быстрого роста интенсивности движения успешно обеспечить перевозочный процесс можно лишь при непрерывном совершенствовании организации дорожного движения. В связи с этим необходимо знать закономерности формирования транспортных потоков в различных дорожных условиях.

Перемещение грузов и пассажиров по автомобильным дорогам — сложный производственный процесс с

участием людей, автомобилей, дорожных сооружений и обустройств, на который существенно влияют погодноклиматические условия. Эта совокупность может быть объединена в комплекс «водитель — автомобиль — дорога — среда» (ВАДС). В его структурной схеме можно выделить 12 прямых и обратных связей (1–12): «водитель — автомобиль» (ВА), «автомобиль — водитель» (АВ), «автомобиль — дорога» (АД), «дорога — автомобиль» (ДА) и др. (рис. 2.1, а). Комплекс ВАДС представляет собой иерархическую систему, в которой, кроме парных связей между элементами и подсистемами, существуют множественные связи, например ДАВ, СДА и др. (рис. 2.1, б). Эти связи описывают взаимные воздействия элементов системы. При системном анализе взаимодействия комплекса ВАДС приняты следующие понятия и определения [3, 4].

*Дорожные условия (ДУ)* — совокупность геометрических параметров и транспортно-эксплуатационных качеств дороги, имеющих непосредственное отношение к движению, подразделяются на постоянные и переменные (временные и кратковременные) параметры и факторы.

К *постоянным* отнесены параметры и характеристики дорог, не меняющиеся в процессе эксплуатации или изменяющиеся очень редко (при реконструкции или капитальном ремонте): параметры продольного профиля, радиусы кривых в плане, длина прямых и кривых и др.

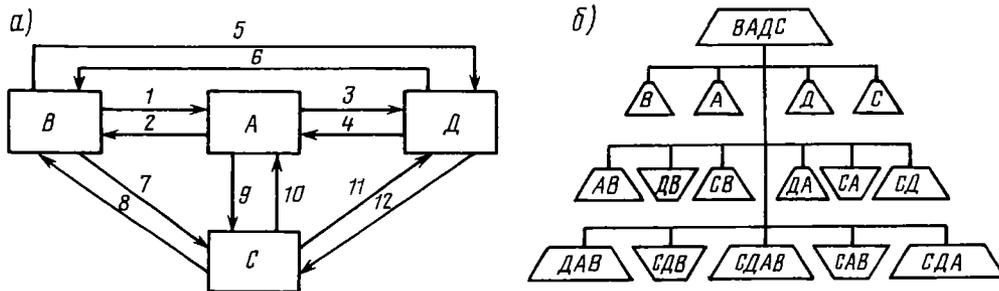


Рис. 2.1. Комплекс ВАДС и иерархия его элементов и подсистем: а — структура комплекса; б — иерархия элементов и подсистем

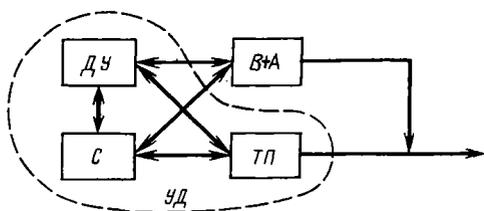


Рис. 2.2. Укрупненная структура взаимодействия комплекса ВАДС и системы ДУ–ТП

К переменным временным или сезонным отнесены параметры и характеристики дорог, изменяющиеся в результате сезонных колебаний метеорологических условий и качества содержания дороги: ровность и сцепные качества покрытия, фактическая ширина проезжей части и обочин, наличие и состояние съездов и пересечений, инженерного оборудования, видимость в плане и др.

К переменным кратковременным отнесены факторы, влияющие на режим и безопасность движения в течение короткого времени (от нескольких часов до одного месяца): осадки, туман, гололед, ветер, метеорологическая видимость и др.

С позиций восприятия дороги водителем термин «дорожные условия» полнее отражает объект его восприятия, тем более, что каждый автомобиль проезжает по многим дорогам с различными характеристиками.

**Транспортный поток (ТП)** – совокупность отдельных движущихся по дороге автомобилей, управляемых водителями,

$$ТП = \sum_1^n (B + A).$$

**Состояние окружающей среды (С)** – совокупность условий метеорологических или погодных в данный момент. Правильнее рассматривать здесь всю окружающую природную среду, включая рельеф местности, ландшафт, растительность и животный мир, что существенно усложняет анализ. По отношению к каждому автомобилю дорожные условия, транспортный по-

ток и окружающая среда составляют условия движения.

**Условия движения (УД)** – реальная обстановка на дороге, в которой движется автомобиль в данный момент: дорожные условия, транспортный поток и состояние окружающей среды.

С учетом изложенного можно представить укрупненную схему структуры взаимодействия комплекса ВАДС, в которой главная роль принадлежит системе «дорожные условия – транспортные потоки» (ДУ–ТП) (рис. 2.2), каждый элемент которой отдельно и вместе находится под влиянием окружающей среды С. Дорожное движение – результат взаимодействия комплекса «водитель – автомобиль – дорога – среда» как единого целого.

**Режим движения** характеризуется скоростью одиночных автомобилей и всего потока, интервалами между автомобилями в потоке (плотностью потока), числом обгонов, перестроений и их траекториями, режимом разгонов и торможений. Режим движения – главная выходная характеристика функционирования всего комплекса, которая интегрально отражает его эффективность и качество.

Функция, характеризующая режим  $i$ -го автомобиля,

$$P_i = f(B_i; A_i; D; C),$$

где  $B_i, A_i$  – параметры, характеризующие соответственно данный автомобиль и данного водителя;  $D$  и  $C$  – параметры, характеризующие соответственно дорогу и среду.

Объединение элементов дорожной и транспортной составляющих в подсистемы и единый комплекс позволяет анализировать роль каждого элемента в обеспечении надежного и эффективного функционирования всего комплекса.

Основой теории эксплуатации дорог и организации движения служит качественное и количественное описание сущности и закономерностей взаимодействия элементов и систем комплекса ВАДС. Методическую базу теории эксплуатации дорог и

организации движения составляет системный подход, позволяющий определить оптимальные взаимосвязи и характеристики отдельных элементов и подсистем.

В качестве теоретической базы управления состоянием и организацией движения можно выделить следующие положения:

1) несмотря на существенные изменения, происходящие в процессе функционирования как в отдельных элементах комплекса ВАДС, так и во взаимодействиях его систем, конечные результаты (производительность, пропускная и провозная способность дорог, себестоимость перевозки, удобство и безопасность движения) могут быть постоянными или колебаться в заданных пределах в любых природно-климатических условиях;

2) взаимодействие систем комплекса ВАДС – управляемый процесс, причем управляемым является общее функционирование комплекса и взаимодействие его отдельных систем;

3) эксплуатационные качества системы «дорожные условия» также управляемы и могут быть обеспечены в заданных пределах независимо от природно-климатических условий;

4) транспортно-эксплуатационные характеристики дорог определяются на этапе проектирования и должны поддерживаться на заданном уровне в процессе эксплуатации.

Анализируя функционирование комплекса ВАДС с теоретико-операционных позиций, необходимо отметить наиболее важные особенности.

*Главная особенность* – децентрализация взаимодействия систем ВАДС, так как комплекс охватывает многочисленные самостоятельно действующие элементы и факторы, решения и управляющие воздействия, принятые изолированно друг от друга.

*Другая особенность* комплекса ВАДС – во многом случайный (стохастический) характер функциониро-

вания, поскольку все его системы подвержены воздействию неблагоприятных факторов климата. По стохастическим законам формируется и транспортный поток.

К основным управляемым элементам комплекса относятся дорожные условия и транспортные потоки, а также их взаимодействие, поскольку параметры подсистемы «водитель – автомобиль» изменяются менее динамично и на определенном этапе могут быть приняты средне-статистическими.

В процессе функционирования имеются широкие возможности перевода комплекса ВАДС из одного состояния в другое, используя соответствующие управляющие воздействия на отдельные подсистемы (например, на состояние дорог, на распределение транспортных потоков по сети дорог, на интенсивность и состав транспортного потока или на несколько подсистем одновременно).

## **2.2. Модель управления системой «дорожные условия – транспортные потоки»**

Комплекс ВАДС и систему ДУ – ТП можно рассматривать как децентрализованную систему обслуживания со случайными стохастическими входами [4]. К этим входам относят спрос на пользование дорогами со стороны транспортного потока, т.е. его интенсивность и состав движения  $N = f(TП)$ , а также возмущающие воздействия окружающей среды  $\omega = f(C)$ . Модель двухуровневого управления (рис. 2.3) функционированием системы ДУ – ТП включает стратегическое, или программное, и оперативное, или текущее, управление.

*Первый уровень управления* системой ДУ – ТП (стратегическое, или программное) состоит в назначении и выборе параметров и характеристик дороги на стадии проектирования и в полноте реализации этих решений при строительстве или ре-

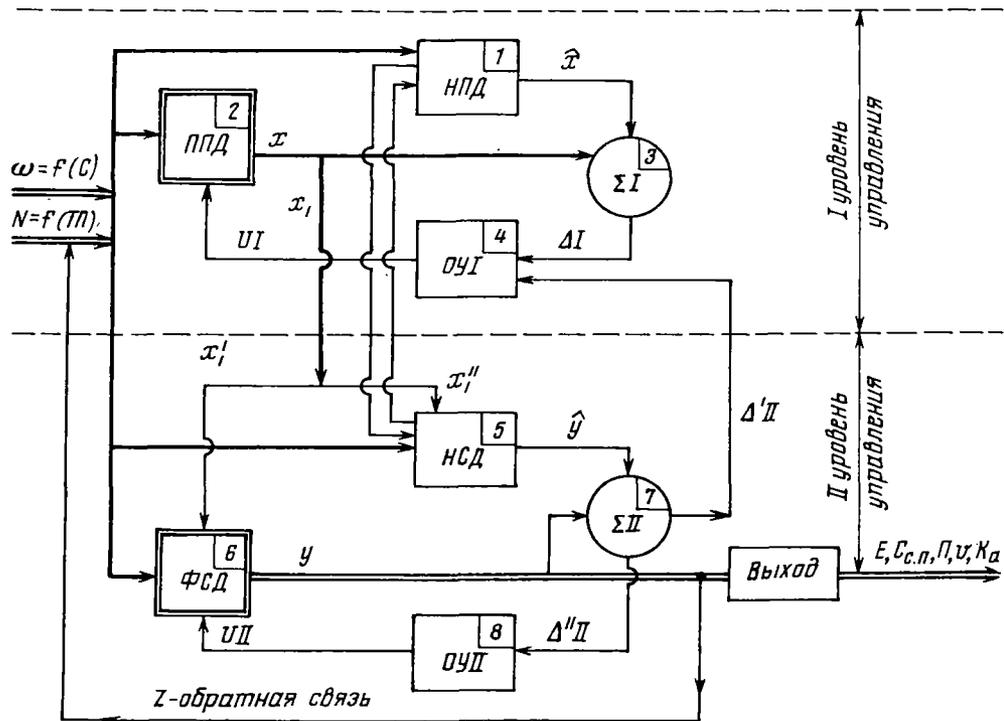


Рис. 2.3. Модель двухуровневого управления функционированием системы ДУ – ТП (основные блоки):

1 – нормативные характеристики постоянных параметров дороги (НПД); 2 – проектные характеристики параметров дороги (ППД); 3 – сумматор (сравнитель) I уровня управления; 4 – блок выбора оптимальных управляющих решений I уровня ОУ I; 5 – нормативные характеристики состояния дороги НСД; 6 – фактические характеристики состояния дороги ФСД; 7 – сумматор II уровня управления; 8 – блок выбора оптимальных решений II уровня ОУ II

конструкции. Сюда же входит обоснование мощности и ресурсов дорожной службы для обеспечения требуемого уровня содержания дороги исходя из принятых проектных решений в конкретных условиях эксплуатации.

Второй уровень управления (оперативное, или текущее) осуществляется мероприятиями по содержанию и ремонту дороги, организации и обеспечению безопасности движения в период эксплуатации. Большое влияние на эффективность II уровня управления оказывают основные параметры и характеристики дороги, принятые на I уровне ( $x'_1$  и  $x''_1$ ).

Выходными характеристиками модели управления являются конечные показатели функционирования комплекса ВАДС и системы ДУ – ТП: приведенные затраты  $E$ , себе-

стоимость перевозок  $C_{с.п.}$ , производительность автомобилей  $\Pi$ , скорость  $v$ , безопасность движения  $K_a$  и др.

Алгоритм управления системой ДУ – ТП состоит в следующем. На основе анализа многолетнего опыта работы дорог с различной интенсивностью движения в разных природно-климатических условиях разрабатывают технические нормативы и требования проектирования дорог НПД, которые должны обеспечить принятые в нормах выходные характеристики функционирования системы ДУ – ТП (вектор  $\hat{x}$ ). Эти выходные характеристики могут быть достигнуты только при определенных нормативах содержания и организации движения НСД, которые принимают в проекте. На стадии проектирования исходя из перспективной

интенсивности и состава движения [вектор  $N = f(\text{ТП})$ ] и погодноклиматических условий [вектор  $\omega = f(C)$ ] определяют проектные параметры дороги ППД, которые должны обеспечивать проектные выходные параметры функционирования комплекса (вектор  $x$ ). После назначения параметров дороги определяют рассогласование  $\Delta I = x - \hat{x}$ , т.е. оценивают, насколько проектные значения выходных параметров функционирования комплекса отличаются от нормативных. Если рассогласование больше допустимого, принимают оптимальное управляющее воздействие I уровня  $UI$ , т.е. вносят коррективы в проектные решения. Переменными I уровня управления являются основные технические параметры и характеристики дорог, а также характеристики дорожной службы.

Особое место на I уровне управления занимает этап создания дороги с принятыми проектными показателями, т.е. этап строительства. От полноты и точности реализации проектных решений, их улучшения или ухудшения в процессе строительства во многом зависит качество будущей дороги.

На II уровне управления исходя из фактического технического уровня построенной дороги (векторы  $x_1, x'_1, x'_1$ ), фактической интенсивности и состава движения, реальных погодноклиматических условий и уровня содержания формируется фактическое состояние дороги ФСД и выходные характеристики функционирования комплекса ВАДС (вектор  $y$ ). Сравнивая эти характеристики с нормативными (вектор  $\hat{y}$ ) в блоке 7 определяют рассогласование II уровня управления  $\Delta II = y - \hat{y}$ . В зависимости от его размера назначают управляющее воздействие II уровня ( $UII$ ) или I уровня ( $UI$ ).

Многие рассогласования могут быть устранены средствами содержания, т.е. воздействиями II уровня. При возрастании интенсивности движения и воздействий погодноклиматических условий, которые,

накапливаясь, приводят к ухудшению состояния дороги, управляющие воздействия II уровня не обеспечивают нормального функционирования. Требуется управляющее воздействие I уровня – ремонт или реконструкция дороги, что приводит к изменению ее постоянных параметров и основных транспортно-эксплуатационных характеристик, т.е. параметров аппарата обслуживания. При отсутствии управляющих воздействий в начальной стадии происходит самоуправление или саморегулирование, которое выражается в изменении скорости транспортного потока и пропускной способности. Между выходными характеристиками и вектором спроса  $N$  есть обратная связь  $Z$ . Чем лучше дорога, тем больше она привлекает автомобилей, и наоборот.

*Математическая модель задачи управления системой ДУ – ТП* относится к классу задач о принятии решения в условиях неопределенности, поскольку успех управления зависит от трех групп факторов и условий [4]: *заранее известные* (например, район проложения дороги, его природные условия); *зависящие* от управляющего органа или задаваемые им элементы решения, которые могут изменяться в заданных пределах (геометрические параметры дороги, уровень ее содержания и т.д.); *неизвестные* в каждый данный момент факторы (например, метеорологические условия, интенсивность и состав движения). Как следует из модели и алгоритма управления системой ДУ – ТП, основным этапом формирования качества ее функционирования служит проектирование дороги.

Однако во многих случаях при проектировании условия будущей эксплуатации учитывают плохо, параметры и характеристики дороги рассчитывают только на обеспеченные движения в теплый период года. Проектные организации практически освобождены от ответственности за транспортно-эксплуатационные характеристики дорог в процессе

эксплуатации. Недостаточная изученность всего многообразия реальных условий, их неполный учет или пренебрежение при проектировании и строительстве наносят значительный ущерб транспортно-эксплуатационным показателям дорог в процессе эксплуатации (ТЭП АД). Дорожная служба вынуждена устранять не только закономерно возникающие изменения в дороге, но и ошибки и упущения проектировщиков и строителей, поскольку на нее возлагается вся ответственность перед потребителями за качество и состояние дороги.

Необходимо изучать особенности работы дорог в различных условиях, чтобы совершенствовать методы их проектирования, строительства и эксплуатации. В этом отношении в последние годы произошел определенный прогресс. В СНиП 2.05.02-85 впервые предусмотрен ряд требований, направленных на более полный учет условий эксплуатации при проектировании, введена обязательная оценка проектных решений по показателям обеспеченности скорости и безопасности движения в неблагоприятные периоды года с учетом затрат на ремонт и содержание дорог. Введено принципиально новое понятие расчетной скорости. Под расчетной понимают максимальную обеспеченную по условиям безопасности движения, взаимодействия с дорогой и динамическим характеристикам скорость легкового автомобиля на увлажненном покрытии в эталонных условиях погоды, которым соответствует летний период года при температуре воздуха 20 °С, его относительной влажности 50%, отсутствии ветра и атмосферном давлении 0,1 МПа.

В неблагоприятных погодноклиматических условиях допускается снижение максимальной обеспеченной скорости по сравнению со скоростью, принятой при проектировании элементов плана и продольного профиля, но не более 25% в расчетные по условиям движения осенне-весенний и зимний периоды и, как

исключение, не более 50% в зимний период при гололеде, метелях и сильных снегопадах. Исходя из этих требований должны назначаться проектные решения.

### **2.3. Уровни управления эксплуатацией дорог и дорожным движением**

Технический уровень и эксплуатационное состояние дорог, экономичность перевозок, удобство и безопасность движения зависят от многих решений и воздействий, принимаемых на разных уровнях управления [4, 8].

*Управление развитием и функционированием автомобильно-дорожной системы* осуществляется на уровне плановых и директивных органов страны, союзных республик, краев и областей, дорожных министерств и ведомств. Управляющие воздействия включают в себя законодательные акты, планово-экономические, организационные и технические решения и мероприятия.

*Управление функционированием сети дорог* осуществляется на уровне дорожного органа союзной и автономной республики, края или области. Оно включает комплекс целенаправленных воздействий на технические параметры и транспортно-эксплуатационные характеристики дорог в процессе проектирования и эксплуатации, на формы, методы и организацию работ по ремонту и содержанию, организации и управлению дорожным движением в целях достижения минимума затрат на реализацию транспортного процесса.

*Управление дорожным движением* неразрывно связано с функционированием автомобильной дороги и включает комплекс воздействий на водителей, дорожные условия, транспортные потоки и режимы движения в целях достижения высокой пропускной и провозной способности дороги, экономической эффективности перевозок, удобства и безопасности движения.

На отдельной дороге задача управления движением в общем виде может быть сформулирована следующим образом:

при заданных характеристиках транспортного потока  $\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_n$ , характеристиках постоянных и переменных параметров дороги  $\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_n$ , уровня содержания дороги и организации движения  $\gamma_1, \gamma_2, \dots, \gamma_n$ , ресурсах на ремонт и содержание дороги  $\Phi_r(x_1, x_2, \dots, x_n) = c_r$  (где  $r = 1, 2, \dots, n$ );

с учетом метеорологических условий  $x_1, x_2, \dots, x_n$ , заданных законами распределения вероятностей ожидания  $P_i = f_i(x_i)$ , зависимостей состояния дорог от метеорологических условий  $\gamma_i = f(x_1, x_2, \dots, x_n)$  обеспечить требуемые показатели функционирования дороги  $\Pi, v, K_a$ , определенные из условия обеспечения минимума приведенных дорожно-транспортных затрат на перемещение грузов и пассажиров. Исходя из этого разрабатывают стратегию и тактику управления дорожным движением для достижения поставленных целей.

*Организация дорожного движения* – комплекс инженерно-технических и организационных мероприятий, направленных на наиболее эффективное распределение траекторий движения автомобилей в поперечном профиле и по длине дороги. К организации движения относят также информацию о наиболее целесообразных маршрутах и особенностях дорожных условий, установку знаков указателей, разметку дорог, применение разграничительных, ориентирующих и направляющих устройств, помогающих водителю определить положение автомобиля и дальнейший путь. Организация дорожного движения – первая и самая необходимая часть, без которой немислимо само управление. Однако она не обеспечивает оптимальные режимы движения в отличие от управления дорожным движением.

*Регулирование дорожного движения* – один из способов управления

транспортным потоком на ограниченном участке или по ограниченному числу параметров.

Организация и управление движением – составная часть функционирования дороги, она не может быть оторвана от общих задач эксплуатации дороги как транспортного сооружения. Эффективная организация и управление движением возможны только на основе глубокого знания особенностей работы дороги в различные периоды года и в сложных погодных условиях, ресурсов и возможностей дорожной службы. Исходя из этого организация и управление движением должны осуществляться дорожной службой в контакте с автотранспортными организациями, органами ГАИ и метеорологической службой.

## Глава 3

### ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ АВТОМОБИЛЯ С ДОРОГОЙ

#### 3.1. Характеристики поверхности дороги и движение автомобилей

**Сопrotивление качению.** Взаимодействие автомобиля и дороги представляет собой сложный процесс, анализ которого позволяет оценить устойчивость автомобиля, влияние внешней среды на условия движения и механические воздействия на дорожную одежду. Указанное взаимодействие можно характеризовать следующими основными показателями: размером нагрузки; средним давлением по площади отпечатка колеса; частотой приложения нагрузки; прогибом (деформацией покрытия  $l$ ); сопротивлением качению; сцеплением колеса с покрытием и др.

Колеса передают на дорогу статические нагрузки при остановке автомобиля и кратковременные при его движении. При остановке автомобиля колесо передает на покрытие нагрузку  $Q$  (рис. 3.1, а). **Нормальная**

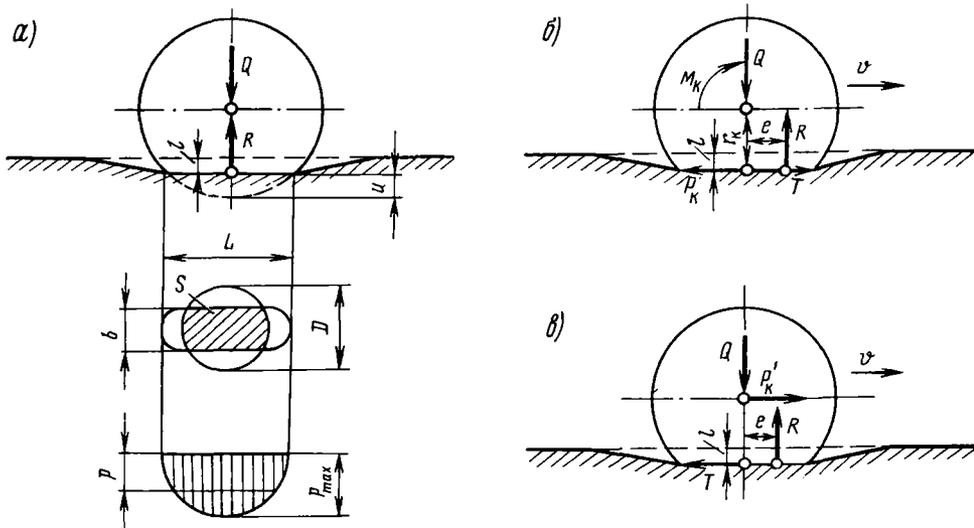


Рис. 3.1. Схема сил, передаваемых на одежду от колеса:  
 а – неподвижного; б – ведущего; в – ведомого

реакция дороги  $R = Q$  приложена в центре следа колеса. В этом случае взаимодействие автомобиля с дорогой можно характеризовать нагрузкой  $Q$ , площадью отпечатка колеса  $S$ , средним контактным давлением  $p = Q/S$ . Различают площадь отпечатка по контуру в форме эллипса и по выступам протектора. При определении среднего давления обычно в расчет принимают площадь отпечатка по выступам протектора. Для упрощения в расчетах принимают не эллиптическую площадь отпечатка, а круглую с приведенным по площади отпечатка диаметром  $D = 1,13 \sqrt{Q/p}$ . Эти две основные характеристики  $p$  и  $D$  или их произведение  $pD$  определяют взаимодействие автомобилей с дорогой и зависит от грузоподъемности автомобиля и степени его загрузки. Для современных автомобилей диаметр отпечатка  $D$  изменяется в пределах от 18 до 35 см, его площадь  $S$  – от 250 до 1000 см<sup>2</sup>, удельное давление – от 0,3 до 0,85 МПа.

Контактное давление  $p$  приближенно можно рассчитать в зависимости от внутреннего давления воздуха  $p_v$  в шине  $p = K_{ж} p_v$  (где  $K_{ж}$  – коэффициент, учитывающий ее жесткость и равный 1,1–1,3).

Под действием вертикальной нагрузки шина деформируется. Размер сжатия пропорционален колесной нагрузке  $u = K_{ж}^* Q$  (где  $K_{ж}^*$  – коэффициент, учитывающий упругость шины). Чем выше значение  $u$ , тем больше площадь отпечатка и меньше удельное давление.

При движении ведущего колеса на него, кроме нагрузки  $Q$  и нормальной реакции  $R$ , действует крутящий момент  $M_k$ , вызывающий в плоскости следа окружную силу (силу тяги)  $P_k$ , направленную в сторону, обратную движению,

$$P_k = M_k / r_k, \quad (3.1)$$

где  $r_k$  – радиус качения колеса.

Сила  $P_k$  вызывает горизонтальную реакцию  $T = P_k$ , благодаря чему происходит движение (рис. 3.1, б). Это реактивная сила, или сила трения.

На горизонтальном участке основная часть силы тяги расходуется на преодоление сил сопротивления качению  $F$ , которые оцениваются затратой энергии на деформирование  $l$  дорожной конструкции и сжатие шины  $u$ . Чем больше  $F$ , тем выше расход топлива, смазочных материалов, следовательно, себестоимость перевозок увеличивается.

Поэтому одна из задач дорожной службы – создать такие дорожные одежды и покрытия, при которых  $F$  была бы наименьшей. Показателем сопротивления качению считается коэффициент сопротивления качению  $f = F/Q$ . Его можно определить следующим образом. Ввиду того что шина обладает эластичностью, точка приложения нормальной реакции  $R$  смещена вперед по ходу движения. Это смещение характеризует размер сопротивления качению. Коэффициент сопротивления качению может быть вычислен

$$f = e/r_x, \quad (3.2)$$

где  $e$  – смещение точки приложения нормальной реакции.

Коэффициент сопротивления качению определяют экспериментально, зная колесную нагрузку  $Q$  и измерив силу тяги  $P_x$  методами динамографирования,

$$f = (P_x \pm Qi)/Q, \quad (3.3)$$

где  $i$  – продольный уклон дороги.

Сила  $F$  зависит от колесной нагрузки  $Q$ , давления воздуха в шинах  $p_v$ , размеров колес и эластичности шин, скорости движения, прочности одежды, ровности покрытий и служит важной характеристикой взаимодействия автомобиля с дорогой.

На ровных покрытиях сопротивление качению снижается с возрастанием давления воздуха в шине и прочности дорожных одежд (рис. 3.2). При низких скоростях коэффициент  $f$  почти не меняется и для скорости до 20 км/ч его можно принять постоянным. При дальнейшем росте скорости коэффициент  $f$  повышается, так как шина в зоне контакта с покрытием не успевает полностью распрямиться и колесу возвращается меньшая доля энергии, затраченной на деформирование шины. Кроме того, при увеличении скорости деформации возрастает внутреннее трение в шине. Значение коэффициента сопротивления качению для любой скорости [3]

$$f_v = f_{20} + K_f(v - 20), \quad (3.4)$$

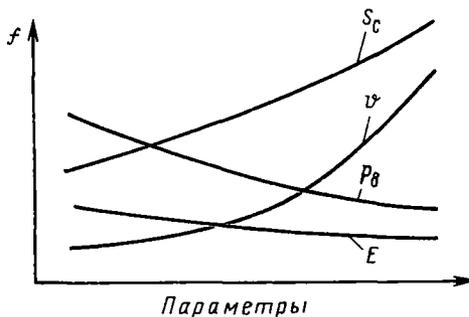


Рис. 3.2. Зависимость сопротивления качению от прочности  $E$ , ровности  $S_c$ , скорости  $v$  и внутреннего давления воздуха в шине  $p_v$

где  $f_{20}$  – коэффициент сопротивления качению при скорости 20 км/ч;  $K_f$  – коэффициент повышения сопротивления качению со скоростью (для легковых автомобилей  $K_f = 0,00025$ , для грузовых – 0,0002).

В справочной и нормативной литературе значения  $f$  приведены для скорости около 20 км/ч, поэтому при расчетах эти значения следует приводить к соответствующей скорости по формуле (3.4).

**Коэффициент трения и коэффициент сцепления.** Реализация силы тяги зависит от силы трения между протектором и поверхностью покрытия

$$T = \varphi_r R \quad \text{или} \quad T = \varphi_r Q, \quad (3.5)$$

где  $\varphi_r$  – коэффициент трения протектора шины по дорожной поверхности.

При торможении колеса автомобиля сила трения может быть определена через площадь контакта шины с покрытием

$$T = S\varphi_r K_{ж} p_v. \quad (3.6)$$

В практике вместо понятия силы трения и коэффициента трения используют понятие силы сцепления и коэффициента сцепления

$$\varphi = T/Q. \quad (3.7)$$

Различие этих довольно близких понятий состоит в соотношении адгезионной  $T_a$  и гистерезисной или деформационной  $T_d$  доли силы трения. При скольжении одного гладкого твердого тела по другому основную роль имеют адгезионные силы, т. е. собственно трение. При дви-

жении эластичной шины по покрытию характер взаимодействия меняется. Поверхность всегда имеет шероховатости, поэтому доля гистерезисной составляющей значительно больше, чем адгезионной. Такое взаимодействие характеризуется силой сцепления.

Зависимость коэффициента сцепления от скорости [3]

$$\varphi_v = \varphi_{20} - \beta_\varphi (v - 20), \quad (3.8)$$

где  $\varphi_{20}$  — коэффициент сцепления при скорости измерения 20 км/ч;  $\beta_\varphi$  — коэффициент изменения сцепных качеств от скорости (принимается в зависимости от типа и состояния покрытия).

В нормативных документах обычно приводятся коэффициенты сцепления при скорости 60 км/ч. Чтобы перейти к другой скорости, эти значения нужно пересчитывать

$$\varphi_v = \varphi_{60} - \beta_\varphi (v - 60). \quad (3.9)$$

Рисунок, площадь протектора и степень его изношенности значительно влияют на коэффициент сцепления колеса автомобиля с покрытием.

Движение автомобиля возможно, если сила сцепления в зоне контакта равна или больше силы тяги ( $T \geq R_x$ ), а сила тяги больше суммы дорожных сопротивлений ( $\sum P_d$ ). Тогда основное уравнение движения

$$T \geq \sum P_d. \quad (3.10)$$

В тяговом режиме сила сцепления реализуется только через ведущие колеса, что учитывается коэффициентом сцепного веса  $m$ . Если все составляющие сопротивления движению отнести к единице массы автомобиля, основное условие движения примет вид

$$m\varphi \geq f \pm i \pm j_y + f_b, \quad (3.11)$$

где  $i$  — уклон, ‰;  $j_y$  — коэффициент удельной силы ускорения;  $f_b$  — удельное сопротивление воздушной среды на единицу массы автомобиля.

Исходя из этого дорожная служба должна стремиться обеспечивать максимальные значения коэффици-

ента сцепления и минимальные значения коэффициента сопротивления качению.

**Сцепные качества покрытия.** Тип покрытия, его прочность, ровность и шероховатость, наличие разрушений, трещин, влаги, пыли и грязи, снега или гололеда существенно влияют на коэффициент сопротивления качению колеса автомобиля (табл. 3.1) и коэффициент сцепления его с покрытием. На малопрочной одежде сопротивление качению возрастает за счет деформирования поверхности качения.

Поверхность покрытия всегда имеет неровности, которые оказывают большое влияние на условия движения автомобилей и водителей (см. п. 3.3) и как результат — на скорость (см. п. 6.3). Одна из причин снижения скорости — рост сопротивления качению, который может возрастать на неровных покрытиях в 2–3 раза. Увеличение шероховатости покрытия приводит к росту коэффициента сопротивления качению в среднем на 4% на 1 мм высоты неровностей шероховатости на асфальтобетонных покрытиях и на 13% на цементобетонных.

По данным проф. А. К. Бируля, коэффициент сопротивления качению при движении автомобиля по неровной поверхности

$$f = 0,01 + 1,2 \cdot 10^{-8} S_c v^2, \quad (3.12)$$

где  $S_c$  — показатель ровности по толщкомеру, см/км;  $v$  — средняя скорость автомобиля, км/ч.

На сцепные качества покрытия наибольшее влияние оказывает шероховатость, которая характеризует структуру, т.е. форму рисунка неровностей поверхности, и может быть макро- и микрошероховатой.

Макрошероховатость — неровности поверхности покрытия длиной волны от 2 до 100 мм (в зависимости от диаметра шины) и высотой от 0,2 до 10 мм. Эти неровности создаются выступающими частицами каменного материала покрытия или в результате обработки его поверхности (нарезка бороздок).

Таблица 3.1

Тип покрыт	Коэффициент сопротивления качению при покрытии (в числителе $f_{20}$ , в знаменателе $f_{60}$ )				
	эталонном (сухом)	мокроем, загрязненном	с ровным слоем плотного снега	с рыхлым снегом толщиной 20–40 мм	гололеде
Цементобетонное и асфальтобетонное	0,01–0,02	0,03–0,035	0,04–0,10	0,08–0,12	0,015–0,03
	0,02–0,03	0,035–0,045	0,05–0,12	0,09–0,13	0,02–0,04
То же с поверхностной обработкой	0,02	0,03–0,035	0,04–0,10	0,08–0,12	0,02–0,04
	0,03	0,035–0,045	0,05–0,12	0,09–0,13	0,03–0,05
Холодный асфальтобетон, черное щебеночное, черное гравийное	0,02–0,025	0,03–0,045	0,04–0,10	0,08–0,12	0,02–0,04
	0,03–0,04	0,04–0,05	0,05–0,12	0,09–0,13	0,03–0,05
Щебеночное, гравийное	0,035	0,04–0,06	0,04–0,10	0,08–0,12	0,03–0,04
	0,045	0,05–0,07	0,05–0,12	0,09–0,13	0,04–0,05
Грунтовая дорога	0,03	0,05–0,15	0,06–0,10	0,08–0,12	0,03–0,05
	0,04	0,06–0,16	0,07–0,12	0,09–0,13	0,04–0,06

Микрошероховатость – собственная шероховатость частиц каменного материала, образующего неровности. Длина волны микрошероховатости менее 2–3 мм, а высота менее 0,2–0,3 мм. Поверхность покрытия может быть крупношероховатой (выступы более 2 мм), среднешероховатой (выступы 1–2 мм), мелкошероховатой типа наждачной бумаги (выступы 0,3–1,0 мм) и гладкой (выступы менее 0,3 мм).

Сцепные качества обеспечиваются сочетанием макро- и микрошероховатости, но нормируется только макрошероховатость, которую обычно принимают за общую. Шероховатость существенно влияет на различие фактической площади контакта шины с покрытием от контурной, а через него и на сцепление колеса с покрытием. Контурная площадь – это площадь контакта по выступам протектора шины, зависящая от конструкции шин, давления воздуха в них и нагрузки на колесо

$$S_x = Q/K_0 K_{\text{ж}} p_{\text{в}}, \quad (3.13)$$

где  $K_0$  – коэффициент контактности, учитывающий конструкцию шины (для легковых 1,3–1,8, для грузовых 0,9–1,7).

Фактическая площадь контакта меньше контурной и тем больше, чем выше неровности макрошероховатости, из-за которых выступы протектора не везде касаются покрытия. В результате происходит не только количественное, но и качественное изменение деформации протекторной резины. При небольшой высоте выступов наблюдается «чистое» внедрение неровностей макрошероховатости в резину без их воздействия на каркас шины. Начиная с некоторой высоты, внедряющиеся неровности начинают воздействовать на каркас. При большой высоте неровности уже не вдавливаются в резину протектора и шина перекачивается по ним (рис. 3.3).

В связи с тем что от увеличения высоты выступов шероховатости уменьшается площадь контакта, уменьшается абсолютное значение адгезионной составляющей. Одновременно увеличивается гистерезисная составляющая вследствие возрастания потерь энергии на деформацию шины. Поскольку снижение адгезии опережает рост гистерезисной составляющей, уменьшается суммарная сила трения. Однако на

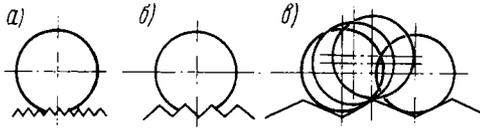


Рис. 3.3. Влияние неровностей покрытия на контакт автомобильных шин:

*a* – мелкошероховатое покрытие; *b* – крупношероховатое; *в* – микронеровности большого размера

сухих чистых покрытиях суммарная сила трения (сцепления) практически всегда достаточна для безопасного движения автомобиля. На мокрых, грязных или заснеженных покрытиях сцепные качества снижаются особенно с увеличением скорости. В этом случае не помогает даже макрошероховатость, поскольку грязь или снег забивают впадины между выступами, и поверхность мало отличается от гладкой поверхности.

На сцепные качества покрытия влияет температура воздуха  $t_a$ . Возрастание температуры способствует снижению вязкости битума в асфальтобетоне, что снижает сопротивление поверхности тормозной силе. Поэтому на одних и тех же покрытиях, построенных с применением органических вяжущих, в разные часы суток и в различных регионах страны значения  $\phi$  будут различаться. Для цементобетонных покрытий влияние  $t_a$  на  $\phi$  менее ощутимо.

Коэффициент сцепления зависит и от ровности покрытия. С возраста-

нием скорости автомобиля по неровной поверхности деформация шины происходит не полностью. Площадь отпечатка будет уменьшаться с ростом скорости, что приводит к уменьшению сцепления колеса с покрытием. Если принять  $\phi$  при очень высокой ровности за 100%, то при увеличении неровности покрытий  $S_c$  сцепление снижается:

$S_c$ , см/км	50	100	200	300
Уменьшение $\phi$ , %	5	10	25	40

Определяя количественные значения коэффициента сцепления, весьма важно установить требования к условиям измерения. Измерения  $\phi$  производят на мокром покрытии с толщиной слоя воды не менее 1 мм при полной блокировке заторможенного колеса. Скорость движения измерительного прибора 60 км/ч, а на дорогах I категории – 60 и 80 км/ч. В течение многих лет эти измерения выполняли шинами с не изношенным протектором. В настоящее время обязательным требованием является измерение гладкой шиной (без протектора). Значения коэффициента сцепления, измеренного динамическим прицепом с гладкой шиной на различных покрытиях, приведены в табл. 3.2. Между коэффициентами сцепления, полученными торможением колеса с гладкой шиной  $\phi_{гд}$ , и колеса, имеющего шину с не изношенным протек-

Таблица 3.2

Покрытие	$\phi_{60}$ и $\beta_{\phi}$ для гладкой шины на покрытии					
	эталонном (сухом)		мокрое, чистое		мокрое, грязное	
	$\phi_{60}$	$\beta_{\phi}$	$\phi_{60}$	$\beta_{\phi}$	$\phi_{60}$	$\beta_{\phi}$
Цементобетонное	0,45–0,55	0,002	0,35–0,40	0,003	0,20–0,30	0,0025
Асфальтобетонное с шероховатой обработкой	0,40–0,50	0,003	0,30–0,40	0,003	0,20–0,30	0,003
Горячий асфальтобетон без шероховатой обработки	0,45–0,55	0,002	0,25–0,35	0,003	0,15–0,25	0,0025
Холодный асфальтобетон	0,30–0,40	0,0035	0,20–0,30	0,003	0,15–0,20	0,0025
Черное щебеночное и черное гравийное	0,25–0,35	0,003	0,20–0,30	0,0035	0,10–0,20	0,0025
Щебеночное и гравийное	0,30–0,35	0,003	0,15–0,25	0,0035	0,10–0,20	0,0025

тором  $\varphi_n$ , существует корреляционная зависимость:

$$\varphi_{гн} = 0,7\varphi_n; \quad (3.14)$$

$$\varphi_n = 1,43\varphi_{гн}. \quad (3.15)$$

Степень соответствия покрытия требованиям движения можно оценить по показателю взаимодействия колеса с покрытием

$$K_{\varphi_f} = m\varphi/(f \pm i \pm j_v + f_v). \quad (3.16)$$

Движение автомобиля возможно при  $K_{\varphi_f} \geq 1$ . Анализ этого показателя позволяет сделать важный вывод о том, что при определенных соотношениях характеристик сцепных качеств, сопротивления качению и продольного уклона движение по дороге в тяговом режиме невозможно независимо от динамических качеств автомобиля, поскольку колеса будут проскальзывать. Максимально возможная скорость по соотношению сцепных качеств покрытия и сопротивления качению (км/ч)

$$v_{\varphi_{\max}} = 60 + (m\varphi_{60} - f_{60} \pm i)/(m\beta_{\varphi} + K_f). \quad (3.17)$$

Это важное положение необходимо учитывать при разработке требований к уровню содержания дорог и организации движения.

### 3.2. Состояние покрытия и условия движения автомобилей

**Ровность покрытия.** Автомобиль при движении взаимодействует с неровной поверхностью покрытия. Неровности имеют различные размеры и формы, их распределение по поверхности носит случайный характер, за исключением гравийных и щебеночных покрытий, где неровности в виде гребенки распределяются, как правило, равномерно по длине покрытия. Неровности вызывают вертикальные, продольные и поперечные колебания автомобиля, которые передаются водителю. По влиянию на колебания автомобиля неровности можно разделить на три

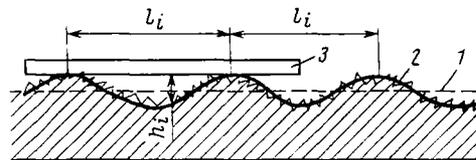


Рис. 3.4. Характеристики неровностей покрытия:

1 – проектный профиль покрытия; 2 – фактический профиль шероховатого покрытия; 3 – 3-метровая рейка;  $l_i$  – длина волны;  $h_i$  – глубина (высота) неровности

группы: макронеровности, микронеровности и шероховатость.

**Макронеровности** формируют макропрофиль поверхности покрытия и состоят из длинных плавных неровностей длиной волны не менее 100 м. Они влияют на работу двигателя и режим движения, но не приводят к колебаниям автомобиля на подвеске. Фактически это продольный профиль дороги.

**Микронеровности** формируют микропрофиль поверхности и состоят из неровностей длиной волны от 10 до 100 м, которые вызывают значительные колебания автомобиля на подвеске.

**Шероховатость** – совокупность неровностей длиной волны до 3–10 см, которые не вызывают низкочастотных колебаний автомобиля на подвеске, так как их воздействие поглощают шины.

Все основные неровности относятся к микропрофилю поверхности покрытия. Значительная часть этих неровностей формируется уже на стадии строительства, когда фактический профиль покрытия отличается от проектного на размер допустимых просветов под 3-метровой рейкой (рис. 3.4). В процессе эксплуатации дороги число и размеры неровностей увеличиваются. На асфальтобетонных и цементобетонных покрытиях высота (глубина) неровностей может достигать 20 мм, на щебеночных и гравийных, обработанных вяжущими, – 40 мм, на гравийных и щебеночных – 50 мм.

Колебания автомобиля, возникающие при движении по неровной поверхности, разделяют на неуста-

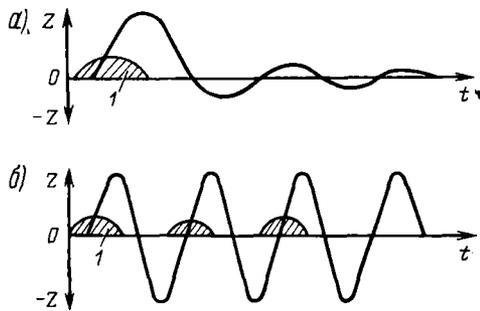


Рис. 3.5. Виды колебаний автомобиля при взаимодействии с дорогой:

*a* – неустановившиеся; *б* – установившиеся; 1 – неровности дороги; *t* – время

новившиеся и установившиеся (рис. 3.5).

*Неустановившиеся* колебания наиболее распространены и возникают при наезде на единичные или повторяющиеся неровности различного размера и очертания.

*Установившиеся* колебания образуются при наезде на регулярно повторяющиеся неровности (волны, гребенка, стыки бетонных плит и т. д.).

Колебания автомобиля характеризуются амплитудой  $Z$  и частотой  $\eta$ , их ускорением  $\ddot{Z}$  и суммарной амплитудой  $S$ . С ростом скорости автомобиля эти показатели увеличиваются. С увеличением размеров неровностей все показатели, кроме  $\eta$ , также возрастают. Поэтому характеристики колебаний автомобиля служат косвенными показателями ровности покрытия. Ровность покрытия измеряют суммой амплитуд колебания поддресоренной массы или массы автомобиля при проезде неровностей на участке. Канд. техн. наук С. С. Кизима установил зависимость между высотой неровностей и суммарной амплитудой колебаний

$$S_c = q \sum h_i, \quad (3.18)$$

где  $q$  – коэффициент, зависящий от типа покрытий;  $\sum h_i$  – сумма максимальных просветов под 3-метровой рейкой.

Для оценки частоты повторения неровностей определенной длины волны применяют метод спектральной плотности дисперсий. Однако

сложность вычисления корреляционных функций и спектральных плотностей ограничивает возможности их практического использования. При разработке требований к ровности покрытий исходят из допустимых амплитуд и ускорений колебаний автомобилей при расчетной скорости. Выделяют четыре критерия, по которым оценивают допустимость колебаний: удобство езды и комфортность для водителя и пассажиров; устойчивость грузов в кузове; надежность и долговечность работы рессор, шин и других частей автомобиля; надежность и долговечность работы дорожной конструкции.

Решающим является критерий обеспечения удобства и комфортности для водителя и пассажиров.

Исследованиями проф. Р. В. Ротенберга и других установлено, что на неровной поверхности ощущение колебаний водителем начинается с момента, когда ускорения колебаний достигнут  $\ddot{Z} = 0,5 \text{ м/с}^2$ . По мере возрастания скорости автомобиля и неровностей покрытия возникают беспокоящие колебания. Этому состоянию ориентировочно соответствуют ускорения  $\ddot{Z} = 2,5 \div 3 \text{ м/с}^2$ . При длительном действии колебания становятся неприятными и непереносимыми  $\ddot{Z} = 3 \div 5 \text{ м/с}^2$ . Единичные большие или длительные средние значения колебания влияют на функциональное состояние водителя, снижают его работоспособность.

Нормативные требования к предельно допустимой ровности покрытий приведены в табл. 3.3.

**Состояния покрытия.** Под воздействием влажности воздуха, осадков и других метеорологических факторов, а также в зависимости от интенсивности движения, уровня содержания и вида покрытие может находиться в различном состоянии.

*Сухим* считают покрытие, микроповерхность материала которого не имеет сплошной пленки воды. Это наблюдается при относительной влажности воздуха до 90%.

Таблица 3.3

Тип дорожной одежды	$S_c$ , см/км, при интенсивности движения, авт./сут				
	500–1000	1000–3000	3000–5000	5000–7000	более 7000
Капитальные	230/1100	230–150/1100–780	150–130/780–690	130/690	120/650
Облегченные	300	300–200	—	—	—
Переходные	400	—	—	—	—

Примечание. В числителе приведены показатели для толчкомера, в знаменателе – установки ПКРС-2.

К *влажным* относят покрытие, микроповерхность которого покрыта сплошной пленкой связанной воды. Такое состояние наблюдается при относительной влажности воздуха 90–100% и положительной температуре. При отрицательной температуре в этих условиях образуется микрогололед.

*Мокрым* считают покрытие, на микроповерхности материала которого имеется слой свободной воды.

К *заснеженному* относят покрытие с наличием рыхлого снега на поверхности; *снежный накат* – наличие слоя снега, уплотненного колесами автомобилей; *гололедица* – все виды зимней скользкости на поверхности дороги (см. п. 10.3).

**Взаимодействие с влажным и мокрым покрытием, роль макрошероховатости.** Если на сухом покрытии основную часть силы сцепления (до 90%) составляет адгезия (молекулярное взаимодействие), то на влажном или мокром она резко снижается, поскольку на поверхности образуется пленка воды, перемешанная с остатками масел, бензина и грязи. Чтобы обеспечить достаточное сцепление колес автомобиля, поверхность должна иметь шероховатую структуру, позволяющую разорвать эту пленку и обеспечить непосредственный контакт протектора с покрытием. Выступы шероховатости вдавливаются в протектор, увеличивая деформационную составляющую силы трения. Шероховатость образует систему дренирующих ходов, по которым вода отжимается из зоны контакта. Исследования канд. техн. наук М. В. Немчинова показали, что на сухих покры-

тиях с увеличением шероховатости уменьшается коэффициент сцепления (рис. 3.6) при всех скоростях. На мокрых покрытиях при невысокой скорости с увеличением макрошероховатости коэффициент сцепления снижается, а с ее возрастанием сначала стабилизируется (рис. 3.6, б), а затем даже повышается при средней высоте выступов 4,5–5,5 мм. На мокрых шероховатых покрытиях с ростом скорости коэффициент сцепления снижается значительно меньше, чем на гладких (рис. 3.7). Однако эти зависимости действительны для небольшой толщины слоя воды (до 10 мм) и скорости не более 80–100 км/ч. Если скорость высокая и толщина слоя воды большая, процесс взаимодействия принципиально изменяется, так как возникает аквапланирование. В этом случае в плоскости контакта колес с мокрым пок-

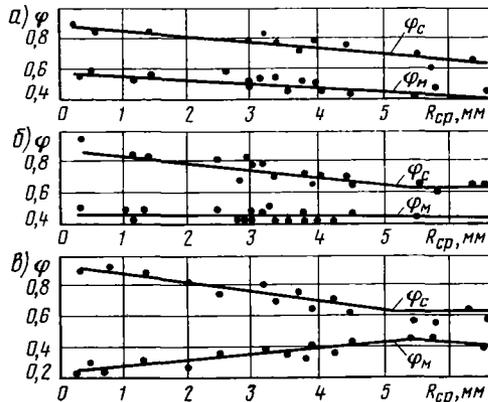


Рис. 3.6. Зависимость коэффициента продольного сцепления от макрошероховатости покрытия (новый рисунок протектора) для сухого  $\phi_s$  и мокрого  $\phi_m$  покрытия:

а, б, в – соответственно  $v = 40, 60$  и  $80$  км/ч

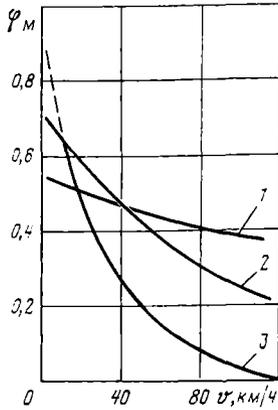


Рис. 3.7. Зависимость коэффициента сцепления от скорости движения (шина с протектором):

1-3-средняя высота выступов ( $R_{cp} = 1,41, 0,71$  и  $0,19$  мм соответственно)

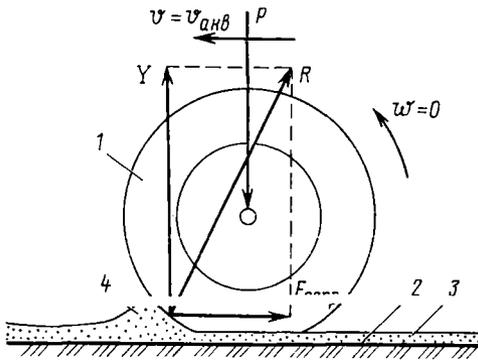


Рис. 3.8. Схема действия сил на колесо автомобиля при динамическом аквапланировании:

1- колесо; 2 покрытие; 3 слой жидкости; 4 лонная волна жидкости

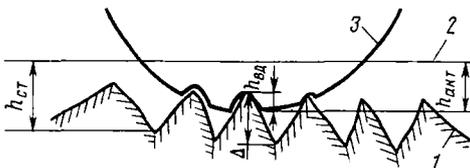


Рис. 3.9. Шероховатость и взаимодействие колеса автомобиля с мокрым покрытием:

1- шероховатая поверхность; 2- слой воды; 3- колесо автомобиля

рытием можно выделить три зоны: зону неразорванной пленки, где образуется гидродинамическое давление воды на колеса; зону частично разорванной пленки, где наблюдаются отдельные соприкосновения протектора с покрытием; зону непосредственного контакта шины с дорогой, где свободная вода полностью удалена и осуществляется сухой контакт колеса с покрытием.

Физическая сущность аквапланирования состоит в том, что при наличии на покрытии сплошного слоя жидкости (вода, слякоть) глубиной не менее критической  $h_{кр}$ , под колесами в зоне расположения головной волны (рис. 3.8) создается жидкостный клин, оказывающий гидродинамическое давление  $R$  на колеса. С увеличением скорости это давление возрастает и при определенной скорости, называемой критической скоростью аквапланирования  $v_{акв}$ , вертикальная составляющая  $Y$  давления сравнивается по размеру с вертикальной нагрузкой  $R$ . С этого момента колеса как бы всплывают и начинают скользить по жидкости.

На возникновение аквапланирования влияют глубина слоя и плотность жидкости, давление в шинах, рисунок и степень износа протекторов, структура поверхности покрытия. Выступы шероховатости уменьшают активную толщину слоя воды  $h_{акт}$ , которая действует на колеса автомобиля, и тем самым снижают гидродинамическую подъемную силу. Активная толщина слоя воды (рис. 3.9)

$$h_{акт} = h_{ст} - \Delta + h_{вл}, \quad (3.19)$$

где  $h_{ст}$  - толщина слоя воды на поверхности, мм;  $h_{вл}$  - глубина вдавливания выступов шероховатости в шину, мм.

Критическая глубина слоя жидкости на поверхности и скорость аквапланирования:

$$h_{кр} = 0,72\Delta / \sqrt{1 - \frac{0,235p_v}{\rho} (36/v)^2}; \quad (3.20)$$

$$v_{\text{акв}} = 36 \sqrt{0,235 p_n / \rho [1 - (0,72 \Delta / h_{\text{акт}})^2]}, \quad (3.21)$$

где  $\Delta$  – средняя высота выступов шероховатости, мм;  $p_n$  – давление воздуха в шинах, МПа;  $\rho$  – массовая плотность жидкости (для воды  $1,02 \cdot 10^{-6} \text{ кг} \times \text{с}^2 / \text{см}^4$ , для грязи  $0,8 \cdot 10^{-6} \text{ кг} \cdot \text{с}^2 / \text{см}^4$ );  $v$  – скорость автомобиля, км/ч;  $h_{\text{акт}}$  – глубина слоя жидкости, мм.

Как показывают расчеты и экспериментальные наблюдения, на гладких покрытиях аквапланирование может возникать, когда слой воды или грязи всего 2–3 мм. Если слой толще 10 мм, как правило, его уже нельзя избежать. Скорость начала аквапланирования колеблется от 60 до 100 км/ч. На условия движения автомобиля влияет равномерность распределения коэффициента сцепления по ширине покрытия. Необходимо, чтобы под левыми и правыми колесами автомобиля значение  $\phi$  было одинаковым, иначе при резком торможении произойдет разворот автомобиля. Из теории автомобиля известно, что блокируется то колесо, которое катилось по более скользкой полосе, а поворот автомобиля происходит в сторону переднего блокируемого колеса [5]. Угол поворота увеличивается с ростом скорости перед торможением и разности в  $\phi$  под правыми и левыми колесами. В связи с этим очень важно иметь однородную по шероховатости проезжую часть. Наличие воды на покрытии приводит к увеличению сопротивления качению примерно на 5% на каждый миллиметр ее толщины

$$f = f_0 (1 + 0,05 h_n), \quad (3.22)$$

где  $f_0$  – коэффициент сопротивления качению сухого покрытия;  $h_n$  – толщина слоя воды и грязи на покрытии, мм.

**Взаимодействие с заснеженным и оледеневшим покрытием, роль шероховатости.** От состояния поверхности покрытия зимой зависят  $f$  и  $\phi$ . Наличие даже сухого снега приводит к тому, что сопротивление качению увеличивается в 10–15 раз в зависимости от толщины снежных отложе-

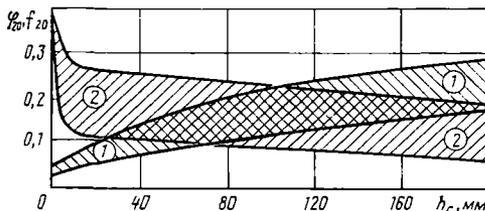


Рис. 3.10. Зависимость коэффициентов сопротивления качению и сцепления от толщины слоя рыхлого снега  $h_c$  на покрытии:

1 – значения  $f_{20}$ ; 2 – значения  $\phi_{20}$

ний по сравнению с движением по чистому покрытию (рис. 3.10). Движение колес автомобилей по снежному накату также сопровождается образованием колеи и увеличением сопротивления качению.

Сухие чистые покрытия зимой обеспечивают достаточно высокие сцепные качества. При наличии рыхлого снега на покрытии коэффициент сцепления мало зависит от параметров шероховатости, но существенно зависит от толщины слоя, плотности, влажности и температуры снега. Значения  $f$  и  $\phi$  при одной и той же толщине слоя снега могут колебаться в широких пределах и зависят от сочетания температуры, влажности и плотности снега.

Сцепные качества уплотненного снега на покрытии также зависят от прочности снега, которая в свою очередь зависит от его плотности и температуры. Ориентировочные значения коэффициента сцепления у шины с протектором при скорости измерения от 40 до 60 км/ч и температуре воздуха  $-10$  –  $-20$  °С:

Прочность снега, МПа	0,2	0,4	0,6
Коэффициент сцепления	0,30–0,45	0,25–0,35	0,20–0,30
Прочность снега, МПа	0,8	1,0	1,2
Коэффициент сцепления	0,17–0,25	0,16–0,23	0,15–0,21

Вследствие большого сопротивления качению и низких сцепных качеств на заснеженном и оледеневшем покрытиях снижается скорость вплоть до остановки. На заснеженных покрытиях и при гололеде ше-

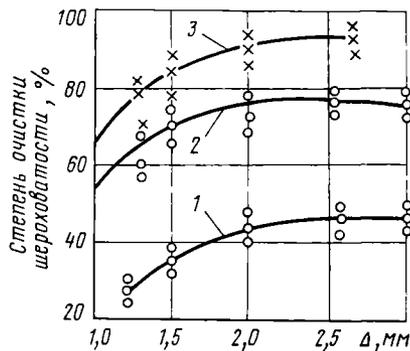


Рис. 3.11. Самоочистка впадин в шероховатой поверхности при температуре воздуха  $-8 \dots -15^\circ\text{C}$  после числа проездов автомобилей:

1 — 1500; 2 — 3000; 3 — 4500

роховатость на сцепные качества почти не влияет:

	$\Phi_{60}$	$\beta_{\phi}$
Рыхлый снег на покрытии	0,05–0,12	0,001–0,003
Уплотненный снег	0,05–0,15	0,002
Гололед	0,03–0,10	0,0015

Однако исследования, выполненные инж. Л. Г. Марьяхиным (Гипродорнии) и канд. техн. наук В. И. Жуковым (СИБАДИ) показали, что шероховатость оказывает определенное влияние на образование снежного наката, сроки ликвидации гололедных пленок, удаление снега и льда с поверхности. На гладком покрытии уплотняемый снег имеет однородную структуру. На шероховатых покрытиях снег, уплотненный между выступами каменных частиц, содержит значительное количество воздуха и имеет пористую структуру. Пористая структура снега облегчает удаление ледяного слоя, однако для удаления льда и снега, оставшегося во впадинах между каменными частицами, требуется больше хлоридов, чем для удаления льда и снега с гладкой поверхности. Поэтому вопрос об эффективности работы шероховатых поверхностей зимой не имеет однозначного ответа и требует дальнейших исследований.

При определенных соотношениях температуры и плотности снега, интенсивности, состава и скорости транспортного потока на шерохова-

тых покрытиях наблюдается процесс быстрого разрушения снежного слоя и происходит самоочистка покрытия. Влияние параметров шероховатости на степень очистки покрытия от снега заметно нарастает при высоте выступов до 1,5 мм. Более высокие выступы шероховатости на очистку покрытия практического влияния не оказывают (рис. 3.11). Поэтому с позиции работы покрытий зимой наиболее целесообразными следует считать выступы макрошероховатости 1,5–2,0 мм.

**Требования к показателям поверхности покрытия.** Анализ взаимодействия автомобиля с дорогой служит основой для разработки требований к прочности дорожной одежды, ровности покрытия, коэффициенту сцепления, параметрам шероховатости и состоянию поверхности.

Несмотря на большое влияние сопротивления качению на режим движения автомобиля, расход топлива, себестоимость перевозок и даже на назначение продольного уклона дороги, не разработаны требования к допустимому размеру коэффициента сопротивления движению для покрытий. Сложной технико-экономической задачей является назначение требований к допустимому размеру коэффициента сцепления и параметрам шероховатости. Обеспечения сцепных качеств и регулирования шероховатости достигают в основном путем назначения крупности щебня и ужесточения требований к его прочности, микрошероховатости, сопротивлению износу (истираемости) и шлифуемости в процессе эксплуатации. Однако все это приводит к увеличению расхода высокопрочных каменных материалов и битума или специального модифицированного вяжущего. Кроме того, на крупношероховатой поверхности увеличивается шум от автомобилей и сопротивление качению.

При назначении требований к сцепным качествам покрытий и их шероховатости важное значение имеют погодно-климатические условия. Высокая шероховатость нужна

Таблица 3.4

Условия движения (по СНиП 2.05.02-85)	Коэффициент сцепления при скорости 60 км/ч для гладкой шины	Средняя глубина впадин шероховатости, мм, в дорожно-климатических зонах для категорий	
		I и V	II-IV
Легкие	0,28	0,30	0,35
Затрудненные	0,30	0,35	0,40
Опасные	0,32	0,40	0,45

только для обеспечения сцепных качеств на мокром покрытии. Мокрое состояние покрытия колеблется от 10% годовой продолжительности для районов с жарким сухим климатом до 35% для районов с влажным умеренным климатом. Это значит, что в течение 65–90% времени крупношероховатая поверхность бесполезна, поэтому требования к шероховатости покрытий дифференцируют с учетом региональных климатических условий.

Требования к коэффициенту сцепления и параметрам шероховатости установлены правилами содержания и ремонта автомобильных дорог. Предельные значения не должны быть ниже приведенных в табл. 3.4. Разница коэффициента сцепления по ширине проезжей части не должна превышать 0,1, а между коэффициентом сцепления покрытия и укрепленной обочины – не превышать 0,15. Эти требования исходят из необходимости предотвратить разворот автомобилей при резком торможении.

## Глава 4

### ПРИРОДНО-КЛИМАТИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ, СОСТОЯНИЕ ДОРОГ И УСЛОВИЯ ДВИЖЕНИЯ АВТОМОБИЛЕЙ

#### 4.1. Влияние природно-климатических факторов на дорожную конструкцию

**Источники увлажнения.** Наибольшее влияние на состояние дорог и движение автомобилей оказывают рельеф и ландшафт местности, грун-

тово-геологические, гидрологические и погодно-климатические факторы.

Из грунтово-геологических и гидрологических факторов выделяют тип и характеристики грунтов земляного полотна и подстилающих слоев, глубину промерзания, уровень и характер залегания грунтовых вод, условия стока поверхностной воды.

К погодно-климатическим факторам относят: атмосферное давление, солнечную радиацию, температуру и влажность воздуха, осадки (дождь, снегопад), ветер, метель, гололед, туман, а также их сочетание.

Погодно-климатические факторы формируют водно-тепловой режим земляного полотна (ВТР) – закономерные сезонные изменения влажности и температуры в полотне и слоях одежд. В дорожной конструкции (дорожная одежда + земляное полотно) протекают сложные процессы: нагревание, охлаждение, промерзание, оттаивание, испарение, конденсация, сублимация, облимация, т.е. диффузионные процессы тепла и влаги, называемые тепло-массопереносом или тепловлагообменом (ТВО), обуславливающие колебание влажности и температуры. Изменение водно-теплого режима существенно влияет на прочность, долговечность полотна и дорог, приводит к снижению транспортно-эксплуатационных свойств дорог.

*Основными источниками увлажнения* (рис. 4.1) являются атмосферные осадки 1, вода, со стороны откосов и вода, застаивающаяся на поверхности земляного полотна 2, капиллярное увлажнение от грунтовых вод 3, парообразное увлажнение 4.

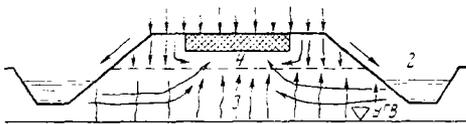


Рис. 4.1. Источники увлажнения дорожной конструкции

Атмосферные осадки проникают в водопроницаемые покрытия (гравийные и щебеночные, мостовые), в трещины водонепроницаемых покрытий (при недостаточном уходе), частично через обочины и откосы. При отсутствии трещин и наличии укрепленной обочины этот источник неопасен.

Вода со стороны откосов при длительном застое в боковых канавах

коэффициент их уплотнения  $K_y \geq 0,95$ .

Опасность капиллярного увлажнения от грунтовых вод зависит от глубины расположения расчетного горизонта грунтовой воды

Грунт полотна при любой степени уплотнения, как и любой слой одежды, представляет собой капиллярно-пористое тело, внутри которого диффундирует паровоздушная смесь [6]. В результате пористости покрытий и одежды между атмосферой и внутрипоровым воздухом полотна круглый год происходит воздухо- и парообмен. Парообразное увлажнение зависит от условий водно-теплого режима полотна и может быть различным. Этот источник постоянно присутствует в полотне и слоях одежды.

Степень опасности водно-теплого режима по интенсивности температурных воздействий можно характеризовать продолжительностью морозного периода в днях  $T_x$  равного периода между датами перехода температуры воздуха через 0 осенью и весной: минимальной  $t_{\min}$  или средней  $\bar{t}_в$  температурой воздуха за морозный период  $T_x$  среднемакс-

симальной температурой воздуха  $t_{\max}$  в наиболее жаркие месяцы, а также комплексными температурными показателями: морозным индексом  $-\sum T_x t_v$  в градусо-днях и размахом  $R = t_{\max} - t_{\min}$ . Чем выше морозный индекс (изменяется от 50 до 2000), размах  $R$ ,  $T_x$ , тем опаснее морозное воздействие среды на дорогу.

**Физическая теория тепловлагообмена.** Процесс тепловлагообмена в полотне и слоях одежды сложный и взаимосвязанный: изменение температуры вызывает миграцию (медленное движение) влаги, влагонакопление и переход ее в иную форму способствует теплообмену. Поэтому процесс тепло- и влагообмена необходимо рассматривать во

связи. Следовательно, в земляном полотне и слоях одежды имеются условия для воздухо- и парообмена. Обмен возможен, если влажность грунта меньше полной влагоемкости, т. е.  $W < W_{\text{пн}}$ . При полной влагоемкости все поры грунта заполнены жидкой фазой и воздухо- и парообмен прекращаются.

В ненасыщенных грунтах влага содержится в двухфазном состоянии:  $W_{\text{п}}$  - водяной пар всегда в насыщенном состоянии  $\delta \approx 100\%$  (где  $\delta$  - относительная влажность внутрипорового воздуха) и  $W_{\text{ж}}$  - жидкая фаза. Соотношение фаз непрерывно изменяется и зависит от общей влажности грунта.

В мерзлых грунтах дополнительно возникает твердая фаза - лед, количество которой пропорционально  $t_v$ . При температуре грунта  $t_t$  ниже 0 °С не вся жидкая фаза переходит в лед. Вследствие частичного засоления, действия молекулярных сил, исходящих от грунтовых частиц, жидкая фаза переходит в лед (температура льдообразования  $t_l$ ) в зависимости от минералогического состава грунта от -0,5 °С для песков до -2,5 °С для глин. Даже при очень

низкой температуре грунта ( $t_r = -20 \text{ — } -50^\circ\text{C}$ ) часть жидкой фазы не промерзает. Поэтому в течение всего морозного периода происходит диффузия водяного пара, миграция жидкой фазы и льдообразование. Жидкая фаза испаряется и замерзает, водяной пар конденсируется на жидкой или твердой фазе.

*Теплообмен в дорожных конструкциях* происходит за счет трех составляющих. Основное тепло передается от частицы к частице за счет теплопроводности (кондукции). Вторая по удельному весу составляющая теплообмена – тепло фазовых превращений при промерзании-оттаивании, конденсации-испарении, облучении-сублимации. Конвективная составляющая теплообмена незначительная (2–3%) и ею можно пренебречь.

*Влагообмен* протекает за счет наличия потенциалов концентрации жидкой фазы и тепла. Водяной пар диффундирует от мест с большим парциальным давлением  $P_1$  в места с меньшим давлением  $P_2$ . Поскольку водяной пар находится в насыщенном состоянии и  $P = f(t_r)$ , то он диффундирует от теплых мест к холодным – это процесс термодиффузии.

Жидкая фаза мигрирует благодаря наличию двух потенциалов: концентрации и температуры. За счет первого потенциала жидкая фаза мигрирует от мест с большей влажностью к местам с меньшей влажностью (концентрационная миграция). Этот потенциал преобладает в миграции жидкой фазы (95–98%). За счет второго потенциала происходит термомиграция жидкой фазы в количестве 2–5%. Частицы грунта обволакивают пленки жидкой фазы; свободные поры заполняет насыщенный пар. Объяснение миграции жидкой фазы в условиях двухфазной миграции дает гидротермодинамическая гипотеза [6]. Давление  $P$  в пленке воды, обуславливающее концентрационную миграцию влаги по обволакивающим пленкам,

$$P = P_n - \sigma/r, \quad (4.1)$$

где  $P_n$  – парциальное давление водяного насыщенного пара в порах;  $\sigma$  – поверхностное натяжение водяной пленки, обволакивающей грунтовые частицы или их агрегаты;  $r$  – радиус кривизны пленки воды в контакте с паровоздушной смесью.

Выражение (4.1) объясняет сущность тепломассообмена. Так, если соприкасаются две зоны грунта с одинаковой температурой  $t_1 = t_2$ , но разной влажностью  $W_1 > W_2$ , миграция будет протекать от мест с большей влажностью  $W_1$  в места меньшей влажности  $W_2$ . Это можно пояснить следующим образом. С увеличением влажности  $W_1$  толщина пленки воды возрастает, при этом  $\sigma$  уменьшается,  $r$  увеличивается, давление пара  $P_n$ , сжижаемого водной пленкой, возрастает. При этом растет  $P_1$ . Поскольку  $P_1 > P_2$ , влага мигрирует из зоны  $W_1$  в зону  $W_2$ .

Если соприкасающиеся зоны грунта имеют разную температуру  $t_1 > t_2$ , в теплой зоне давление пара  $P_{n1} > P_{n2}$ , поверхностное натяжение  $\sigma$  будет меньшим вследствие меньшей вязкости и согласно выражению (4.1)  $P_1 > P_2$ , т.е. жидкая фаза, следовательно, и водяной пар будут мигрировать из теплой зоны  $t_1$  в холодную  $t_2$ .

В результате ухудшения воднотеплового режима могут быть негативные явления: избыточное влагонакопление в отдельных зонах полотна вследствие инфильтрации воды через трещины в покрытии, через обочины и откосы после дождя или поверхностного стока; увлажнение грунтового основания от горизонта близкого залегания грунтовой воды или от длительного застоя воды в боковых канавах, коллекторах, что наблюдается в районах болот, орошаемых районах; повышенное увлажнение грунта в верхней части земляного полотна к концу морозного (холодного) периода; образование пучин на участках интенсивного морозного влагонакопления; весенние (или в период зимних оттепелей) разрушения дорожных одежд вследствие переувлажнения грунта и поте-

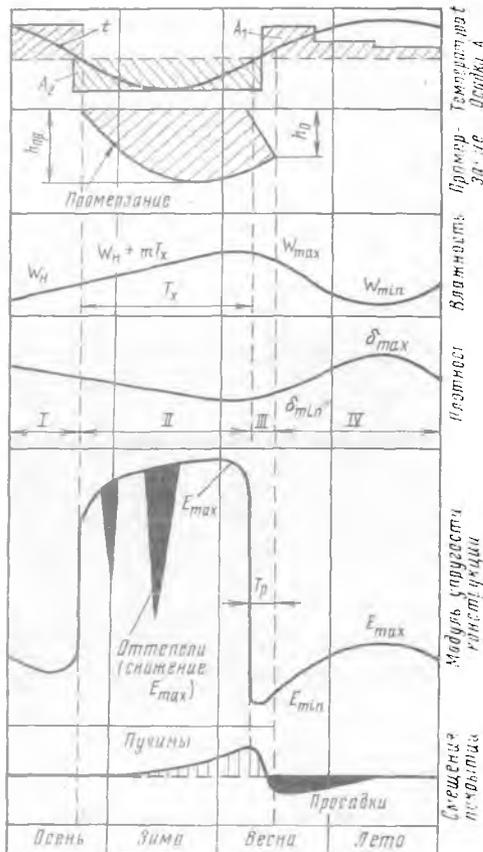


Рис. 4.2. Сезонное изменение показателей водно-теплового режима:

I, II — характерные сезонные периоды водно-теплового режима; 1 — атмосферные осадки в виде снега;  $T_x$  — длительный период

ри прочности; разрушения откосов, прежде всего высоких насыпей, от переувлажнения; разрушение высоких насыпей от сконившейся воды.

При быстрых понижениях температур (ниже  $0^\circ\text{C}$ ) в дорожной одежде образуются температурные трещины. Интенсивный прогрев летом повышает пластичность асфальтобетона, способствуя образованию воды и наплывов на покрытиях.

**Закономерности водно-теплового режима.** Для районов с сезонным промерзанием полотна можно выделить четыре периода (рис. 4.2).

*Предзимний период*, или период первоначального накопления влаги осенью, характерен охлаждением и

интенсивным увлажнением полотна и одежды атмосферными осадками поднятием уровня грунтовой воды медленным парастанием влажности снижением плотности грунта и прочностии одежды. Влажность может достигать  $0.7 W_T$  (где  $W_T$  — влажность предела текучести грунта).

В отдельные годы наблюдаются резкие смены температур от положительных к отрицательным. Такие температурные удары вызывают линейные сокращения покрытий, скорость которых выше, чем для нижележащих оснований. Это приводит к образованию поперечных температурных трещин.

*Морозный период*, или период промерзания, характерен перераспределением и накоплением влаги в земляном полотне. Наблюдается явление  $t_{гр}$  промерзания грунта, дальнейшее увеличение влажности и снижение плотности грунта. Вода из нижних слоев полотна, особенно парообразная и жидкообразная, интенсивно мигрирует снизу и частично со стороны обочин к оси дороги. В зависимости от продолжительности периода  $T_x$  мощности источников увлажнения и скорости промерзания к концу холодного периода в верхней части полотна может накопиться значительное количество воды. При скорости промерзания  $t_c$  2.5 см/сут происходит интенсивное влагонакопление и льдообразование в грунте за счет миграции воды из нижележащих слоев. При быстром промерзании (скорость больше 4 см/сут) вода из нижележащих слоев не успевает поступить, влажность грунта может быть несколько меньше. Глубина промерзания достигает максимума. В этот период может вымерзнуть вода из песчаного подстилающего слоя и устанавливаться равновесное состояние воды в грунте земляного полотна или постепенно увеличиваться до уровня  $(0.7 \pm 0.8) W_T$ . Вследствие замерзания воды в порах грунта образуются линзы и прослойки льда. В отдельные зимы возникают оттепели, сопровождающиеся частичным оттаиванием

ванием грунта полотна и резким снижением прочности проезжей части. Интенсивное влагонакопление и промерзание могут привести к образованию пучин. Прочность грунта в холодный период очень высокая.

**Весенний период** – период оттаивания грунта и насыщения его свободной водой. Это самый опасный период, его принимают за расчетный для дорожных одежд и земляного полотна. Скопившийся в линзах и прослойках лед в верхней части земляного полотна оттаивает и поры грунта заполняются свободной водой, которая скапливается над еще не оттаявшим грунтом (донник). Образовавшееся мокрое корыто сохраняет некоторый период максимальную влажность  $W = (0,85 \div 1,0) W_r$ , минимальную плотность и прочность грунта. Под действием нагревающегося воздуха и автомобилей часть воды отжимается в дренирующий слой, часть в обочины и нижележащие слои по мере их оттаивания. При медленном оттаивании, когда его скорость не превышает 4 см/сут, часть воды успевает отжаться и испариться. При быстром оттаивании (скорость больше 7 см/сут) происходит интенсивное накопление воды в порах грунта. В этот расчетный по состоянию грунта период  $T_p$  (обычно в апреле-мае) могут возникнуть просадки одежды в первую очередь на пучинистых местах. Прочность дорожной конструкции минимальная. Период наиболее неблагоприятного расчетного состояния грунта  $T_p$  весной (или в период зимних оттепелей), в течение которого наблюдается минимальная сезонная прочность грунта полотна

$$T_p = h_{кр}/v_{отт}, \quad (4.2)$$

где  $h_{кр}$  – критическая глубина оттаивания (ориентировочно для дорог I–II категорий до 50 см, III и IV – до 70 см);  $v_{отт}$  – средняя скорость оттаивания грунта полотна, равная 2–5 см/сут.

За начало расчетного периода  $z_n$  ориентировочно можно принимать дату перехода  $t_b$  весной через 0 °С.

Тогда дата окончания периода

$$z_k = z_n + T_p. \quad (4.3)$$

**Летний период** – просыхание земляного полотна. После полного оттаивания грунт постепенно просыхает, снижается влажность до наименьшего сезонного значения  $W_{min} \cong 0,5 W_r$ , постепенно возрастает плотность и прочность земляного полотна.

## 4.2. Пучины на автомобильных дорогах

**Пучины** – деформации и разрушения дорожной одежды в виде бугров и сетки трещин. Пучение (пучинообразование) – неоднородные по площади проезжей части взбулживания дорожной одежды, обусловленные одновременным сочетанием трех факторов: интенсивным морозным влагонакоплением, при котором максимальная относительная влажность грунта в верхней части полотна  $W_{max} \geq 0,75 W_r$ ; промерзанием грунта под дорожной одеждой на глубину  $h_{пр} \geq 0,5$  м; наличием мелких пылеватых песков и супесей, пылеватых суглинков.

Размер пучения зависит от многих факторов, главным образом от влажности грунта, глубины промерзания, продолжительности холодного периода и прочности дорожной конструкции. Неравномерное морозное пучение может достигать 80–100 мм, что существенно снижает скорость автомобилей. Физическая сущность пучинообразования состоит в накоплении, перераспределении, замерзании и оттаивании воды в порах грунта при сезонных изменениях водно-теплого режима земляного полотна и дорожной одежды. В грунтах, которые представляют собой капиллярно-пористые тела, происходит непрерывный тепломассообмен. С понижением температуры свободно связанная вода замерзает при 0 °С, пленочная и рыхлосвязанная – при –3 °С, прочно связанная и в капиллярах вода

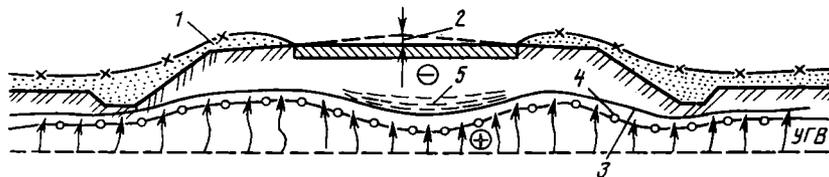


Рис. 4.3. Промерзание земляного полотна зимой:

1 – снежный покров; 2 – поднятие поверхности дорожной одежды; 3 – линия промерзания земляного полотна; 4 – зона междуфазового перехода грунта; 5 – линзы и прослойки льда

замерзает при более низкой температуре ( $-10$  –  $-30^{\circ}\text{C}$ ). При промерзании грунта возникает температурный градиент, что вызывает термодиффузию воды, воздуха и водяного пара, которые перемещаясь, замещают друг друга в порах. Незамерзшая часть жидкой фазы перемещается из теплых слоев грунта к холодным, т. е. снизу вверх. Процесс миграции воды протекает в зоне изотерм  $0$  –  $-5^{\circ}\text{C}$ . При более низкой температуре гидравлическая связь между тонкими водными пленками нарушается и миграция жидкой фазы прекращается. Однако пока есть температурный градиент, происходит термодиффузия пара от теплых слоев грунта к холодным. В то же время воздух поступает от холодных слоев к теплым. Водяной пар, охлаждаясь, конденсируется, увеличивая пленку воды на частицах грунта и кристаллах льда, и замерзает. Таким образом, дальнейшее влагонакопление и льдообразование происходят за счет термодиффузии водяного пара. В зоне льдообразования вначале возникают кристаллы, а затем линзы льда. Процесс продолжается, пока существует градиент температур и приток водяных паров из нижних теплых слоев. Льдообразование сопровождается

увеличением объема на 9% и значительным давлением в земляном полотне, что и вызывает поднятие дорожной одежды. На пучинистых участках происходит взбулгривание (неравномерное поднятие) в виде неоднородных возвышений с трещинами ромбического очертания в плане. Это и есть процесс пучинообразования. Его начало совпадает с понижением температуры воздуха осенью и в начале зимы, когда верхние слои грунта имеют более низкую температуру. При дальнейшем понижении температуры граница промерзания опускается, причем под дорожной одеждой промерзание идет быстрее, чем под обочинами. В земляном полотне образуется зона междуфазового перехода, где грунт уже имеет отрицательную температуру, а вода в его порах находится в жидком состоянии (рис. 4.3).

В результате льдообразования в земляном полотне всегда происходит поднятие верхней его части и дорожной одежды, но его размер и равномерность различны. Если объем льда небольшой и поднятие равномерное, пучины не возникают.

Весной грунт оттаивает в первую очередь под дорожной одеждой. В этот момент лед переходит в жидкую фазу, которая под действием

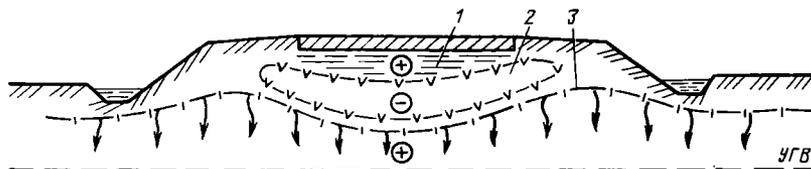


Рис. 4.4. Земляное полотно в момент оттаивания грунта:

1 – разжиженный грунт; 2 – оставшийся донник; 3 – линия промерзания грунта

влажности и собственного веса мигрирует вниз и задерживается на мерзлом практически водонепроницаемом грунте. Спустя несколько дней под дорожной одеждой над мерзлой поверхностью (донником) грунт переувлажняется (рис. 4.4). Дорожная одежда теряет прочность, под влиянием колес разрушается, ее материал перемешивается с разжиженным грунтом, возникают пучины, которые «вскрываются» весной.

При наезде автомобилей на пучины вода через трещины из донника выплескивается на поверхность. Наступает период так называемого фонтанирования пучины. По мере оттаивания грунта влага мигрирует в нижние слои полотна. Влажность начинает снижаться, прочность грунта увеличивается, а просадки стабилизируются. Пучины «закрываются», затухают.

Пучение одежд сопровождается растягивающими напряжениями, которые особенно опасны в холодный период года, когда покрытие становится хрупким и легко возникают трещины. В первую очередь такой опасности подвержены покрытия, построенные с применением органических вяжущих.

Исследования проф. А. Я. Тулаева, канд. техн. наук А. И. Шеслера и других показали, что особо опасны для покрытий неоднородные поднятия (рис. 4.5). Они большей частью служат причиной образования трещин. Поэтому при расчете дорожных одежд на морозоустойчивость с целью повышения надежности необходимо допускаяемое морозное поднятие  $l_{\text{доп}}$  определять с учетом неоднородности пучения  $\mu$ . Экспериментальные исследования на дорогах во II дорожно-климатической зоне показали, что  $\mu = 0,20 \div 0,4$ ; меньшие значения — для нежестких одежд при глубоком залегании горизонта грунтовой воды, большие — для жестких одежд и при близком залегании грунтовой воды.

Общую устойчивость дорожной конструкции (дорожная одежда +

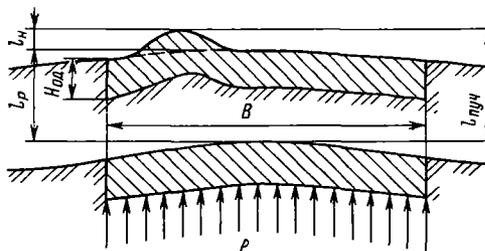


Рис. 4.5. Схема морозного пучения дорожных одежд:

$l_{\text{пуч}}$  — общее пучение;  $l_{\text{р}}$  — равномерное пучение;  $l_{\text{н}}$  — неравномерное пучение;  $p$  — давление пучения;  $H_{\text{од}}$  — толщина дорожной одежды;  $B$  — ширина проезжей части

+ земляное полотно) можно характеризовать коэффициентом пучения

$$K_{\text{пуч}} = l_{\text{пуч}}/z_{\text{пр}}, \quad (4.4)$$

где  $l_{\text{пуч}}$  — общее поднятие дорожной одежды, мм;  $z_{\text{пр}}$  — глубина промерзания земляного полотна, мм.

Критерием прочности дорожной одежды считают коэффициент неравномерного пучения

$$K_{\text{н.пуч}} = l_{\text{н}}/l_{\text{доп}} \leq 1, \quad (4.5)$$

где  $l_{\text{н}}$  — неравномерное поднятие дорожной одежды, мм.

За практический критерий принято допустимое поднятие покрытий, при котором в растянутой зоне еще не возникают трещины,

$$l_{\text{доп}} = 0,27\epsilon_{\text{пр}}B^2/6\mu H_{\text{од}}, \quad (4.6)$$

где  $\epsilon_{\text{пр}}$  — предельно допустимое относительное удлинение в растянутой зоне покрытия, при котором еще не возникают трещины;  $B$  — ширина проезжей части, м;  $H_{\text{од}}$  — толщина дорожной одежды, м.

Значение  $\epsilon_{\text{пр}}$  зависит от материала покрытия, температуры, методики испытания. Для асфальтобетонных покрытий

$$\epsilon_{\text{пр}} = 0,073 + 0,0003t, \quad (4.7)$$

где  $t$  — отрицательная температура покрытия.

Фактическое морозное пучение вычисляют в зависимости от морозного влагонакопления  $\Delta W_{\text{max}}$

$$l_{\text{ф}} = 1,09\mu \Delta W_{\text{max}}, \quad (4.8)$$

Максимальное влагонакопление за холодный период

$$\Delta W_{\max} = W_2 - W_1, \quad (4.9)$$

где  $W_2$  – влажность грунта в конце периода морозного влагонакопления;  $W_1$  – то же до промерзания.

Критерием устойчивости дорожной одежды против пучинообразования считают  $l_{\phi} \leq l_{\text{доп}}$ .

### 4.3. Поверхность покрытия и условия движения по периодам года

**Условия движения по периодам года.** Каждому периоду года соответствуют свои условия погоды, влияющие на состояние поверхности покрытия и условия движения.

К зимнему относят период с устойчивой среднесуточной температурой воздуха ниже  $0^{\circ}\text{C}$  (рис. 4.6). Под зимним подразумевают период с начала образования устойчивого снежного покрова до его схода. На большей части территории СССР зимний период является самым длительным:

Число дней со снежным покровом	> 260	220–260	180–220	140–180
Площадь территории СССР, %	2,5	22,7	26,1	34,5
Число дней со снежным покровом	.100–140	60–100	20–60	< 20
Площадь территории СССР, %	4,4	6,4	1,3	1,5

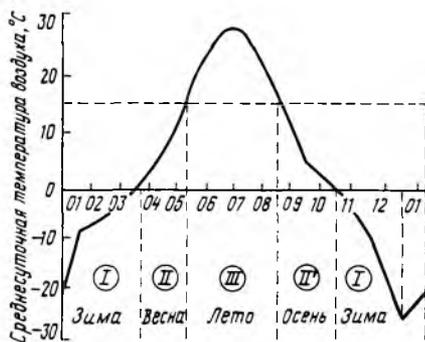


Рис. 4.6. Продолжительность характерных периодов года

В зимний период поверхность изменяется в широких пределах: может быть сухой и чистой, покрыта слоем сухого рыхлого снега (заснеженной), снежным накатом, мокрым снегом или ледяной коркой.

**Переходные периоды** – весенний и осенний – с неустойчивой погодой, при которой наблюдаются осадки всех видов (твердые, жидкие и смешанные). Весенним считается период со среднесуточной температурой воздуха от  $0$  до  $+15^{\circ}\text{C}$ . В целом продолжительность этого периода, отличающегося переходами от потеплений к похолоданиям, колеблется от 30 до 60–80 дней. Осенним принято считать период, характеризующийся понижением температуры от  $+15^{\circ}\text{C}$  до  $0^{\circ}\text{C}$  осенью. В переходные периоды года чаще покрытие влажное и мокрое, грязные и разрушенные обочины.

**Летом** увеличивается количество осадков, но сокращается их продолжительность. В летний период наиболее часто наблюдается сухое чистое покрытие, сухие обочины и в целом благоприятные условия движения.

Наиболее удобные и безопасные условия движения автомобилей на дороге приняты за *эталонные* – сочетание таких параметров, транспортно-эксплуатационных характеристик дорог, их состояния, параметров расчетного автомобиля, характеристик климата и погоды, которые обеспечивают благоприятные и безопасные условия движения с расчетной скоростью при оптимальной нервно-эмоциональной напряженности водителя. За эталонные условия для двухполосных дорог принято движение одиночного автомобиля на прямом горизонтальном участке с шириной проезжей части 7,5 м, укрепленной обочиной 2,5 м, видимостью встречного автомобиля 750 м, с шероховатым покрытием, коэффициент сцепления которого в мокром состоянии для шин с протектором не ниже 0,6, ровнее не больше 300 см/км (по ПКРС-2), а коэффициент сопротивления качению 0,01–

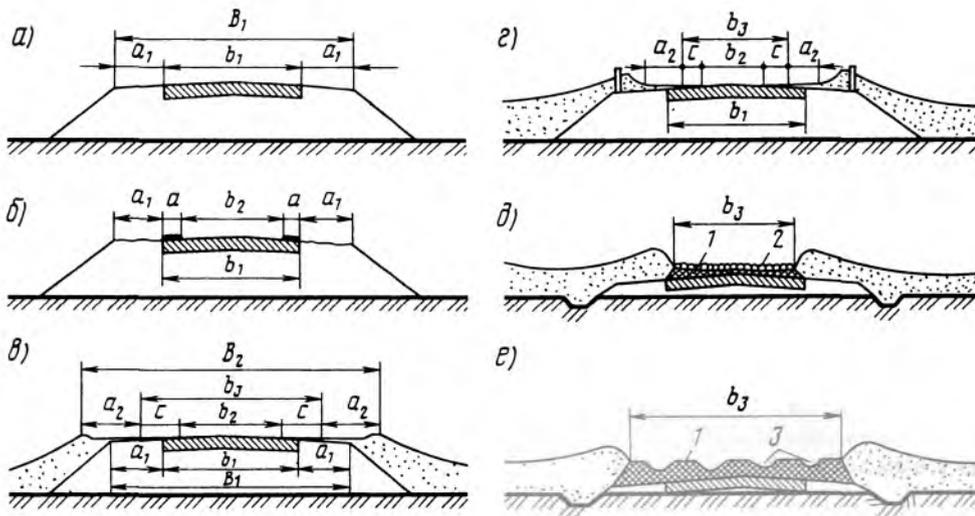


Рис. 4.7. Характерные поперечные профили дорог в различные периоды года:

*a* – летом; *б* – осенью и весной при неукрепленных обочинах; *в* – зимой на участках, не имеющих помех для снегоочистки; *д, е* – при неполной очистке снега; *1* – уплотненный снег; *2* – рыхлый снег; *3* – колеи наката; *a* – ширина загрязненных полос осенью и весной; *a*<sub>1</sub> – ширина обочин; *a*<sub>2</sub> – фактическая ширина обочин зимой; *b*<sub>1</sub> – ширина проезжей части; *b*<sub>2</sub> – ширина чистой проезжей части; *b*<sub>3</sub> – используемая ширина проезжей части; *c* – ширина полос наката из снега или льда; *B*<sub>1</sub> – ширина земляного полотна; *B*<sub>2</sub> – ширина дороги зимой

0,02; при этом погода сухая, время летнее, температура воздуха 20 °С, ветер отсутствует, метеорологическая дальность видимости больше 750 м [5]. Любое ухудшение условий движения по сравнению с эталонными ведет к снижению максимально возможной или максимальной допустимой скорости.

**Изменения ширины проезжей части и обочин по периодам года.** Фактически используемая ширина проезжей части и обочин на одном и том же участке изменяется в широких пределах в различные периоды года в зависимости от погодно-климатических условий, конструктивных особенностей земляного полотна, проезжей части, краевых полос, обочин, а также от уровня содержания дороги (рис. 4.7). Фактически используемая для движения ширина чистой укрепленной поверхности

$$B_{1ф} = B_{np} + 2b - 2b_3, \quad (4.10)$$

где *B*<sub>np</sub> – проектная ширина проезжей части, м; *b* – ширина краевой укрепленной полосы, м; *b*<sub>3</sub> – ширина полосы загрязнения краевой укрепленной полосы

или прикромочной полосы проезжей части, м (см. гл. 6).

Летом в сухую погоду во всех климатических зонах в основном сохраняются проектные параметры поперечного профиля дорог и проезд осуществляется по всей ширине покрытия; обочины в этот период сухие, плотные. В переходные периоды года, особенно осенью, изменения фактической ширины проезжей части начинаются с выпадением дождей, понижением и увеличением относительной влажности воздуха, а весной – при таянии снега. Это происходит за счет загрязнения проезжей части, которое зависит от грунта обочин, их ширины и вида укрепления, общей ширины проезжей части, наличия въездов и съездов без твердого покрытия. Занесенная автомобилями на проезжую часть грязь растаскивается колесами к кромкам и откладывается на прикромочной полосе проезжей части (рис. 4.8). При неукрепленных обочинах сокращение проезжей части из-за загрязнения достигает 0,6–1,2 м. На участках с укрепленными

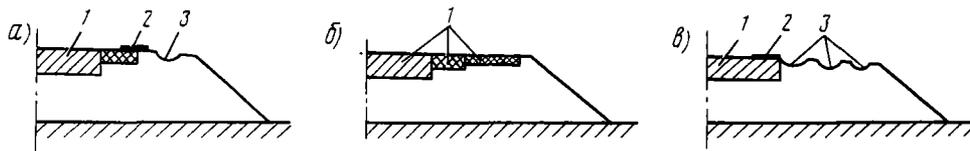


Рис. 4.8. Характерные состояния обочин в переходные периоды года:

а – при наличии краевых укрепленных полос; б – укрепление на всю ширину; в – без укрепления; 1 – чистая поверхность; 2 – слой пыли или грязи; 3 – колес и неровности на обочине

на всю ширину обочинами сокращения ширины проезжей части почти не происходит. Характерным для зимних условий является исчезновение четких очертаний границ земляного полотна и сглаживание его форм. В районах с длительным зимним периодом, частыми снегопадами и метелями при регулярной снегоочистке на прикромочных полосах обочин и проезжей части образуется ровный плотный слой снега шириной 0,2–0,6 м и толщиной 2–10 см, по которому может происходить движение автомобилей (рис. 4.9).

Фактическая ширина проезжей части, используемая для движения на дорогах с хорошим зимним содержанием, как бы увеличивается. Поэтому на отдельных участках зимой могут быть лучшие условия для

движения, чем летом. Средняя ширина фактически используемой полосы равна 8–8,5 м, т.е. больше, чем ширина проезжей части. Интересно отметить, что эту ширину водители выбирают в течение всей зимы, и, по-видимому, она является наиболее предпочтительной для двухполосного движения. Ширина прикромочных полос уплотненного снега колеблется от 0,2 до 2,5 м с каждой стороны.

#### Расчетные состояния поверхности.

В процессе эксплуатации под влиянием метеорологических условий, технического уровня, качества содержания дорог, интенсивности и состава движения формируется множество состояний поверхности, из которых можно выбрать характерные в каждый период года. Эти состояния приняты за расчетные:

в летний период – сухое чистое покрытие и обочины;

в осенне-весенний переходный период: а) все покрытие мокрое, чистое; б) покрытие мокрое, чистое, прикромочные полосы загрязнены; в) покрытие мокрое, загрязненное.

Схему «а» принимают расчетной для дорог I и II категорий с обочинами, укрепленными на всю ширину каменными материалами и с применением минеральных или органических вяжущих. Схема «б» относится к дорогам или участкам с укрепленными краевыми полосами и неукрепленными обочинами или с обочинами, укрепленными щебнем (гравием) без вяжущих. Схема «в» относится к дорогам без укрепленных краевых полос и обочин;

в зимний период: а) слой рыхлого снега на покрытии и обочинах находится только во время снегопадов и

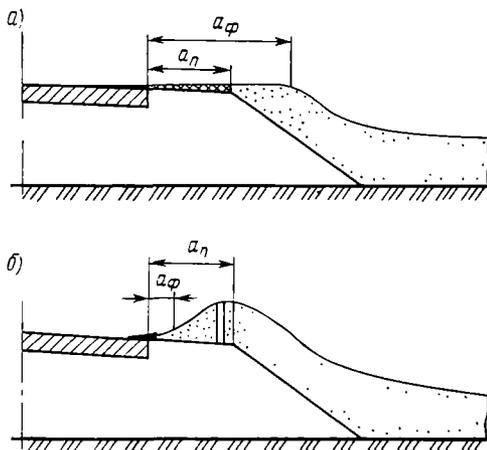


Рис. 4.9. Параметры и состояние обочин зимой:

а – при тщательной очистке снега; б – при образовании вала снега на участках ограждений, сигнальных столбиков;  $a_п$  – проектная ширина обочины;  $a_ф$  – фактическая ширина обочины

метелей в перерывах между проходами снегоочистительных машин; б) проезжая часть чистая, уплотненный снег и лед на прикромочных полосах, рыхлый – на обочинах; в) проезжая часть покрыта плотным снежным накатом, на обочинах – рыхлый снег; г) на покрытии гололед; д) поверхность влажная, имеется рыхлый мокрый снег или слой снега и льда, растворенного хлоридами. Схемы «а», «б», «г» и «д» принимают расчетными для дорог I–III категорий, схемы «б» и «в» – для дорог III и IV категорий.

Расчетную толщину слоя рыхлого снега на покрытии принимают с учетом защищенности дороги от заносов и оснащенности дорожной службы машинами для зимнего содержания, но не менее 10 мм.

Каждому расчетному состоянию покрытия соответствует коэффициент сопротивления качению и коэффициент сцепления, ширина чистой фактически используемой для движения поверхности дороги, которые непосредственно влияют на ско-

рость, удобство и безопасность движения автомобилей.

**Продолжительность различных состояний дороги.** В течение года она зависит от климата данного района, технического уровня дороги и качества ее содержания. Каждый метеорологический фактор характеризуется вероятностью появления (повторяемостью), продолжительностью действия и последствием.

**Продолжительность действия –** продолжительность самого метеорологического фактора (дождя, снегопада и т. д.). **Продолжительность последствия** [3, 5] – время с момента прекращения данного метеорологического фактора до прекращения или ликвидации его последствий на состоянии дорог и условия движения (например, время просыхания поверхности дороги после прекращения дождя). Продолжительность последствия может быть получена только путем наблюдений за состоянием дорог в различные периоды года. Ряд метеорологических факторов практически не об-

Таблица 4.1

Метеорологический фактор	Продолжительность действия, ч	Продолжительность последствия <sup>1</sup> , ч					
		Дороги I и II категорий			Дороги III и IV категорий		
		на покрытии	на укрепленных обочинах	на неукрепленных обочинах	на покрытии	на укрепленных обочинах	на неукрепленных обочинах
Снегопад (рыхлый снег, снежный накат)	4–12	6–10	6–10	Всю зиму	10–100* 16–200	10–200	Всю зиму
Метель (рыхлый снег, снежный накат)	6–9	6–24	6–24	То же	40–100 16–250	40–250	То же
Гололед, искусственный лед	3–6	1–4	2–24	Не удаляется	2–12 4–24	24 и более	Не удаляется
Дождь, мокрый снег, мокрое состояние	2–6	2–12	2–12	3–10	3–12	4–15	6–30

<sup>1</sup> Продолжительность последствия принимают с учетом оснащенности дорожной службы машинами и оборудованием: минимальные значения при 100% оснащенности, средние – при 60%, максимальные – при 30%.

\* В числителе – для дорог III категории, в знаменателе – для дорог IV категории.

Таблица 4.2

Категория дороги	Коэффициент $\lambda$ для различных состояний поверхности дороги и периодов года									
	летний		осенне-весенний		зимний					
	сухое	мокрое	сухое	мокрое	сухое чистое	мокрое	рыхлый снег на покрытии	снежный накат	искусственный гололед	естественный гололед
I	0,8–0,85	0,15–0,20	0,6–0,7	0,3–0,4	0,55–0,65	0,08–0,15	0,04–0,05	0,1	0,1	0,02
II	0,8–0,85	0,15–0,20	0,6–0,7	0,3–0,4	0,50–0,60	0,09–0,13	0,04–0,06	0,12–0,16	0,12	0,03
III	0,8–0,85	0,15–0,20	0,5–0,6	0,4–0,5	0,25–0,48	0,10–0,15	0,06–0,12	0,20–0,25	0,12–0,14	0,04
IV	0,8–0,85	0,15–0,20	0,5–0,6	0,4–0,5	0,20–0,4	0,06–0,10	0,15–0,20	0,25–0,35	0,09–0,1	0,05

Примечания. 1. Большие значения коэффициента  $\lambda$  для сухого покрытия в летний и переходные периоды принимают при наличии краевых укрепленных полос или укрепленных обочин.

2. Для зимнего периода коэффициент  $\lambda$  назначают с учетом оснащенности дорожной службы машинами и оборудованием для зимнего содержания. Минимальное значение  $\lambda$  для мокрого покрытия, рыхлого снега, снежного наката и гололеда принимают при 100% оснащенности по сравнению с нормативной, соответственно максимальные значения  $\lambda$  при оснащенности 50% и менее.

ладает последствием: температура и влажность воздуха, ветер, туман.

Средняя продолжительность их действия составляет: положительная температура воздуха –4–6 ч; отрицательная –10–12 ч; относительная влажность воздуха –8–10 ч; ветер –8–12 ч; туман –4–8 ч.

Продолжительность того или иного состояния поверхности дороги

$$T = P(x)(t_1 + t_2), \quad (4.11)$$

где  $P(x)$  – вероятность появления метеорологического фактора, определяющего характерное состояние поверхности дороги (дождь, снегопад, метель, гололед);  $t_1$  – продолжительность действия, ч;  $t_2$  – то же последствие, ч.

Отличительная особенность переходных периодов заключается в возрастании длительности последствия осадков, что объясняется повышенной влажностью, пониженной температурой воздуха и испаряемостью в эти периоды. В осенне-весенний период просыхание покрытия и обочин во много раз продолжительнее выпадения дождя или мокрого снега особенно при температуре воздуха от 0 до +7 °С. В этот

период дожди даже небольшой интенсивности имеют последствие в 3–5 раз больше, чем ливневые дожди летом.

Большой разброс продолжительности последствия метеорологических факторов наблюдается зимой, что объясняется разнообразием условий снеготаносимости и уровней содержания дорог. Средние значения продолжительности действия и последствия на состояние дорог приведены в табл. 4.1.

Для практических целей продолжительность состояний поверхности можно определить по формуле

$$T_i = \lambda_{ил} D_l + \lambda_{ю.в} D_{о.в} + \lambda_{из} D_3, \quad (4.12)$$

где  $\lambda_{ил}$ ,  $\lambda_{ю.в}$ ,  $\lambda_{из}$  – коэффициенты продолжительности различных состояний (сухого, мокрого, заснеженного, снежного наката, гололеда);  $D_l$ ,  $D_{о.в}$ ,  $D_3$  – продолжительность летнего, осенне-весеннего и зимнего периодов в данной зоне, дни.

Коэффициент  $\lambda_i$  комплексно учитывает влияние климата, интенсивности движения, технического уровня и уровня содержания дороги.

Его значения принимают по табл. 4.2.

## ДЕФОРМАЦИИ И РАЗРУШЕНИЯ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ

### 5.1. Процесс деформирования дорожной конструкции под воздействием автомобилей и природных факторов

Под *деформацией* понимают изменение размеров или формы тела без уменьшения его массы и потери сплошности, *разрушение* – изменение размеров и формы тела с изменением (уменьшением) его массы или с потерей сплошности.

Под совместным воздействием многократно повторяющихся нагрузок от автомобилей и природных факторов в дорожной конструкции возникают напряжения и деформации, которые, постепенно накапливаясь, могут привести к ее разрушению. При деформациях и разрушениях земляного полотна неизбежно деформируется и разрушается дорожная одежда.

На правильно спроектированной, построенной и эксплуатируемой дороге не должно быть разрушений (кроме износа покрытия), но могут возникать деформации в допустимых пределах под влиянием эксплуатационных и природно-климатических факторов, проектных и строительных недостатков.

**Воздействие автомобилей на дорожную одежду.** Это главная причина их деформаций и разрушений. При движении по горизонтальному участку с ровной поверхностью колеса автомобилей передают на дорожную конструкцию вертикальные (нормальные) и горизонтальные (касательные) усилия. При ровном покрытии дорожные одежды испытывают давление колес как кратковременную статическую нагрузку. Продолжительность ее действия колеблется от 0,01 до 0,5 с в зависимости от скорости. При высоких интенсивности и скорости нагрузки от колес грузовых автомобилей могут повторяться через каждые 1,5–6 с.

На неровной поверхности давление колес на покрытие то возрастает по сравнению со статическим, то убывает. Отношение напряжения (деформации), вызванного динамическим действием нагрузки, к напряжению, вызванному статическим действием той же нагрузки, называют *коэффициентом динамичности нагрузки*. При движении по ровному покрытию коэффициент динамичности не выходит за пределы 1,15. На неровной проезжей части с повышением скорости до 80 км/ч этот коэффициент возрастает до 3, при дальнейшем росте скорости остается почти постоянным. Характер нагружения дорожной одежды зависит от интервалов действия нагрузки. Особенно большое влияние оказывает состав транспортного потока (доля в нем тяжелых автомобилей).

Для оценки разрушающего действия автомобилей с различной осевой нагрузкой проф. Б. С. Радовский предложил формулу суммарного коэффициента приведения

$$K_{\text{сумм}} = \sum_{i=1}^m (G_i/G_p)^{4,4}, \quad (5.1)$$

где  $m$  – число осей;  $G_i$  – нагрузка на ось;  $G_p$  – расчетная нагрузка на ось.

Установлено, что проезд одного автомобиля МАЗ-500А с осевой нагрузкой 100 кН равноценен 5,2 проезда автомобиля ЗИЛ-130 с осевой нагрузкой 70 кН.

**Напряженно-деформированное состояние дорожных конструкций, процесс их разрушения.** Под нагрузкой от колес автомобиля дорожная одежда прогибается, затем постепенно восстанавливается (рис. 5.1, а). Прогиб от колеса тягелого грузового автомобиля распространяется во все стороны, образуя *чашу прогиба* радиусом до 3–4 м, которая перемещается по ходу движения автомобиля. Чаши прогиба частично перекрывают друг друга, охватывая всю ширину полосы движения. При этом в слоях одежды возникают напряжения сжатия, растяжения, изгиба и сдвига (рис. 5.1, б). Чрезмерные напряже-

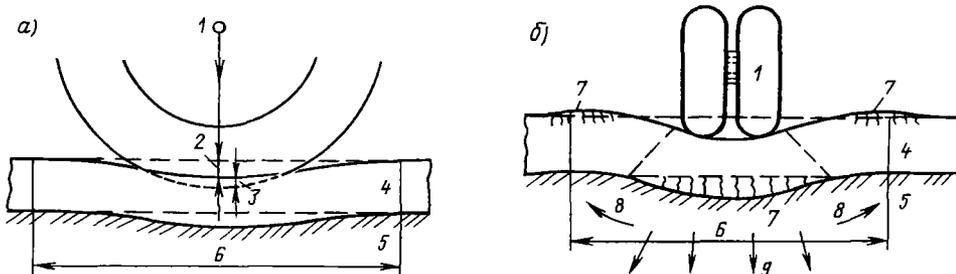


Рис. 5.1. Схема образования чаши прогиба и разрушения нежестких дорожных одежд под колесом автомобиля:

1 – колесо; 2 – прогиб дорожной одежды; 3 – сжатие шины; 4 – дорожная одежда; 5 – земляное полотно; 6 – чаша прогиба; 7 – зоны растяжения и трещины в одежде; 8 – выпирание грунта; 9 – направление сжатия грунта

ния от транспортных нагрузок приводят к возникновению деформаций.

Напряженно-деформированное состояние дорожных одежд зависит от их конструктивных особенностей, структуры и свойств материалов, прочности грунта земляного полотна, загрузки дороги. Слои одежды имеют структуру контактного, коагуляционного или кристаллизационного типов.

При *структуре контактного типа*, характерном для слоев щебня, гравия и песка, минеральные частицы взаимодействуют непосредственно. Такие слои не обладают связностью и практически не проявляют вязких свойств.

При *структуре коагуляционного типа* минеральные частицы покрыты пленками воды или органического вяжущего. К таким материалам относят грунты, связные и укрепленные органическим вяжущим, битумо-минеральные смеси и асфальтобетон. Материалы, обработанные органическим вяжущим, отличаются повышенной связностью и под действием нагрузки проявляются как упругие, так и вязкие свойства.

*Кристаллизационный тип структуры* характерен для цементобетонных, каменных материалов и грунтов, укрепленных цементом и другим минеральным вяжущим. Связь между частицами материала осуществляется через спайки, образо-

ванные кристаллами вяжущего. Для таких материалов характерна повышенная жесткость и прочность, упругие свойства выражены достаточно четко. Для слоев одежды из монолитных материалов наиболее опасны растягивающие напряжения, возникающие в слое при изгибе, а для слоев из слабосвязных материалов (зернистых) – напряжения сдвига (касательные).

Для слоев и покрытий с контактным типом структуры наиболее характерны просадки за счет доуплотнения и дезинтеграции фракций, истирания, а на покрытиях – волнистость, выбоины, износ. При каждом прогибе дорожной одежды отдельные зерна каменных материалов истираются, раскалываются, размельчаются. В частицах мельче 0,071 мм, образующихся при размельчении щебня, может наблюдаться капиллярное поднятие и длительное удержание воды. Превращаясь во влажную пластическую массу между твердыми зернами, мелкие частицы вместе с водой облегчают перемещение зерен, увеличивая размеры прогиба одежды под колесами автомобилей и ускоряя дальнейшее измельчение материалов. При этом повышается суммарная поверхность зерен и вяжущего становится недостаточно. Кроме того, происходит старение вяжущего, покрытие становится более жестким. Сначала образуются волосные, затем более широкие трещины, в которые проникает

вода, замерзающая зимой, и покрытие постепенно разрушается. Для слоев с коагуляционным типом структуры наиболее характерны усталостные и температурные трещины, деформации в виде сдвигов и наплывов. Физико-механические свойства материалов, обработанных битумом, определяются особенностями связей, возникающих между отдельными зернами, и зависят от свойств битума, толщины его пленки, а со временем – от изменения его химического состава.

При старении материала типа асфальтобетона под действием воды и кислорода воздуха выявляются три стадии (рис. 5.2). На *первой стадии* длительное время нарастает прочность, водоустойчивость, уменьшаются деформативные свойства материала. Это происходит за счет уменьшения количества масел, увеличения смол, особенно асфальтенов, повышения вязкости и когезии битума в результате взаимодействия битума с минеральным материалом. На *второй стадии* старения снижается водо- и морозоустойчивость битумо-минерального материала без заметного изменения его прочности. *Третья стадия* сопровождается резким снижением прочности материала, повышением его водонасыщения, набухания и уменьшением водо- и морозоустойчивости. Это приводит к коррозии покрытия, усиленному выкрашиванию минеральных частиц и образованию выбоин и разрушений.

При одном прогибе дорожной одежды, минеральный материал которой обработан органическим вяжущим, эти изменения могут быть бесконечно малыми. Однако за период службы одежды число прогибов измеряется миллионами, поэтому остаточные деформации возрастают. Механизм усталостного разрушения состоит в следующем. Хотя максимальные растягивающие напряжения при проходе одного автомобиля значительно меньше критических, из-за неоднородности материала локальные напряжения мо-

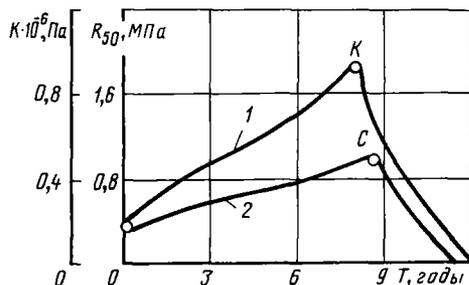


Рис. 5.2. Влияние старения битума на долговечность покрытия:

1 – изменение когезионной прочности битума; 2 – изменение прочности покрытия; К, С – точки резкого падения прочности

гут существенно отклоняться от среднего значения. В местах, где они превышают предел упругости пленок битума, связи рвутся. Повторяющиеся приложения нагрузки приводят к накоплению разорванных связей. В результате через определенное число циклов приложения нагрузки в нижней части покрытия по полосам наката появляются продольные тонкие трещины, объединяющиеся затем в большие, образующиеся сетка трещин, которые растут одновременно в двух направлениях: вверх и по длине. При дальнейших нагружениях трещина проходит сквозь покрытие и становится видимой на поверхности.

Разрушение асфальтобетона зависит от скорости нагружения и температуры и может носить как хрупкий, так и вязкий характер. Критическим периодом работы покрытия является весенний, когда в результате снижения прочности грунта земляного полотна прогиб дорожной одежды максимальный, а температура покрытия часто колеблется от 0 до +10 °С.

С повышением скорости автомобилей время действия растягивающего напряжения в покрытии сокращается, вместе с этим уменьшаются повреждения от транспортных средств. Однако это происходит только на ровных покрытиях. При наличии неровностей возникают разрушения из-за динамического

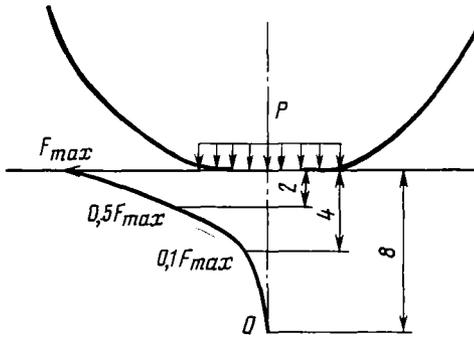


Рис. 5.3. Эпюры распределения касательных напряжений по глубине

воздействия нагрузки. Горизонтальные (тангенциальные) сжимающие и растягивающие напряжения служат причиной пластических деформаций, а также разрушений в верхних слоях дорожной одежды (сдвиг, волн, наплывов и поперечных трещин по следам наката).

Такие деформации особенно часты на тонких покрытиях – толщиной менее 8 см. При большей толщине покрытий сдвиговые деформации вызываются в дорожной конструкции тангенциальными усилиями, приложенными на поверхности покрытия, сравнительно быстро затухают по глубине (рис. 5.3).

Для слоев и покрытий кристаллизационного типа более характерны восстанавливающиеся деформации и разрушения (трещины, проломы, шелушение, истирание).

В цементобетонных покрытиях напряжения возникают под влиянием нагрузки и температуры воздуха. При нагревании и охлаждении покрытие изменяет размеры, но из-за трения нижней поверхности покрытия (или основания) о грунт появляются температурные напряжения. К ним также относят напряже-

ния, возникающие в результате неравномерного распределения температур по толщине покрытия и приводящие к короблению. Температурными условно можно считать также напряжения от неравномерного поднятия покрытия в процессе зимнего вспучивания земляного полотна. Температурные напряжения совместно с напряжениями от нагрузок транспортных средств приводят к образованию и развитию трещин в бетоне.

**Деформации и разрушения земляного полотна и водоотводных сооружений.** Для земляного полотна типичны осадки, просадки, пучины и деформации обочин, расползание насыпей, сползание и размывы откосов, выдувание обочин и откосов из несвязных и слабосвязных грунтов (рис. 5.4).

*Осадки* возникают вследствие недостаточного уплотнения или переувлажнения грунтов, особенно часто в местах повышенного увлажнения, при применении недоброкачественных грунтов для высоких насыпей.

*Просадки насыпей* образуются на участках со слабыми подстилающими грунтами – на болотах, просадочных грунтах, карстах и т. д.

*Сползание* происходит на косогорных участках из-за недостаточного сопротивления сдвигу основания насыпей или на оползневых участках. Причинами этих деформаций являются недоброкачественная подготовка основания (отсутствие уступов, недостаточное уплотнение), наличие в основании слабopочных грунтов, повышенное увлажнение и недоуплотнение нижних слоев насыпи.

*Оползание откосов* наблюдается при применении слабых грунтов, их переувлажнении и недоуплотнении, чаще всего из-за отсутствия укрепле-

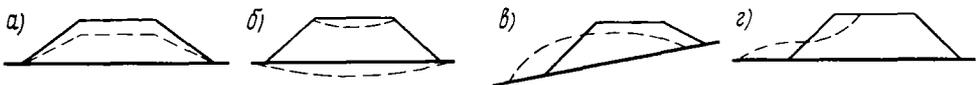


Рис. 5.4. Характерные деформации и разрушения земляного полотна: а – осадка; б – просадка; в – сползание насыпи; г – то же откоса

ний и интенсивного увлажнения атмосферными осадками или поверхностной водой. Кроме того, сползание может быть из-за превышения норм крутизны откосов, присыпки земляного полотна при уширении без устройства уступов или с недостаточным уплотнением.

*Размывание и выдувание* обочин и откосов происходит вследствие водной и ветровой эрозии, когда земляное полотно возведено из несвязных или слабосвязных грунтов при недостаточно эффективном укреплении откосов и обочин.

Для обочин характерны деформации в виде колеи и выбоин, возникающих от наезда автомобилей на неукрепленные обочины, особенно увлажненные и недостаточно уплотненные. К деформациям обочин относят образование обратного уклона, особенно там, где установлены парапеты, ограждения и сигнальные столбики, мешающие планировке обочин в процессе содержания.

*Деформации и разрушения водоотводных сооружений* различны по характеру и причинам возникновения.

*Грунтовые канавы и лотки* подвергаются размыву в первую очередь в местах больших продольных уклонов, заиливаются и зарастают при малых уклонах.

*Канавы и лотки*, укрепленные плитами, каменными и другими материалами, могут размываться водой в местах стыков плит, разрушений укрепляющих устройств и т. д.

*Дренажные и подземные водосточные трубы* засоряются грунтом и случайно попавшими предметами (соломой, травой, корягами), из-за чего прекращается их работа.

Для водопропускных труб характерны раковины, выщелачивание раствора, вымывание грунта из тела насыпи, трещины, сдвиги звеньев, деформации оголовков, отделение оголовков от тела трубы, просадки, засорение.

*Раковины и выщелачивание* – разрушение материала конструкции вследствие выветривания, наружных слоев бетона под действием грунто-

вой и поверхностной воды, частично растворяющих и вымывающих вяжущие.

*Вымывание грунта* из насыпи происходит при нарушении изоляции стыков между звеньями в образовавшиеся щели вода выносит грунт, образуя пустоты за трубой.

*Трещины* в бетоне и *сдвиги звеньев* возникают при неравномерном, иногда одностороннем давлении грунта на трубу. Условия работы трубы под нагрузкой ухудшаются при образовании пустот в насыпи из-за вымывания грунта.

*Деформации оголовков* в отделении их от трубы могут быть вызваны неравномерной осадкой фундаментов оголовков и звеньев, их подмывом, увеличением горизонтального давления на оголовки при переувлажнении грунта насыпи и сползании откосов.

*Просадки* – вертикальные неравномерные смещения звеньев вследствие неодинакового давления насыпи по длине трубы (большее давление на средние звенья). Этому обстоятельству способствует применение при возведении насыпи слабопрочных грунтов (торфяных, илистых) и вымывание грунта в основании звеньев.

## **5.2. Деформации и разрушения дорожных одежд и покрытий**

Деформации и разрушения могут быть только покрытий и всей дорожной одежды в целом. К первым относят износ, шелушение, выкрашивание, выбоины, сдвиги, волны, гребенки и трещины покрытия (рис. 5.5), ко вторым – пучины (см. гл. 4), просадки, проломы, колеи и разрушения кромок дорожных одежд.

*Шелушение* – отделение чешуек и частиц материала и разрушение поверхности покрытия под действием колес автомобилей, воды и отрицательной температуры воздуха с образованием микронеровностей глубиной до 5 мм.

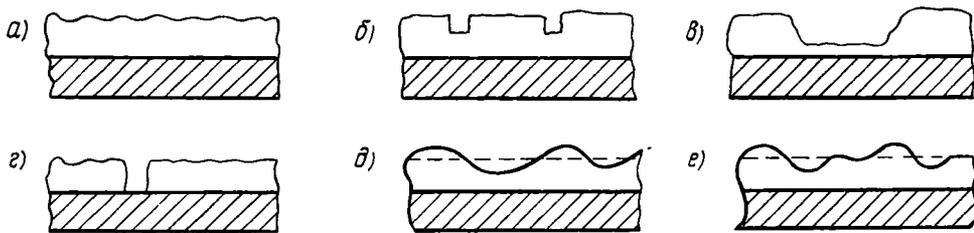


Рис. 5.5. Деформации и разрушения дорожных покрытий:  
 а – шелушение; б – выкрашивание; в – выбоины; г – сдвиг; д – волны; е – гребенка

**Выкрашивание** – отделение зерен минерального материала из покрытия и образование мелких раковин глубиной от нескольких миллиметров до 20 мм. Постепенно развиваясь, выкрашивание распространяется на значительную площадь и является признаком начала поверхностного разрушения покрытия.

**Выбоины** – местные разрушения покрытия глубиной от 20 до 100 мм и более с резко очерченными краями. Они возникают прежде всего

из-за недостаточной связи между минеральными и органическими материалами, недоуплотнения покрытия, загрязнения, использования недоброкачественных материалов (пережог асфальтобетонной смеси, попадание необработанного щебня или песка в смесь и т. д.).

Особенно активно процесс образования выбоин развивается в весенний период, чему способствует чередование положительных и отрицательных температур воздуха и покрытия, наличие воды в порах покрытия. Проникая в раковины и микротрещины покрытия, вода оказывает расклинивающее действие, которое значительно увеличивается при ее замерзании. Связи между частицами материала ослабевают и под влиянием колес автомобиля образуется выбоина, которая может быстро увеличиться.

Наезжая на выбоину, колесо получает толчок, что приводит к повторному динамическому удару на некотором расстоянии за выбоиной (рис. 5.6). При многократном повторении этой нагрузки образуется следующая раковина или трещина, которые затем сливаются в одну большую выбоину [11].

**Сдвиги** – неровности, вызванные смещением материала покрытия при устойчивом основании; чаще всего образуются в местах торможения автомобилей (остановки, перекрестки). Под действием касательных сил происходит сдвиг верхнего слоя либо его сдвиг по поверхности нижнего слоя с образованием поперечных трещин на полосах наката. Этому

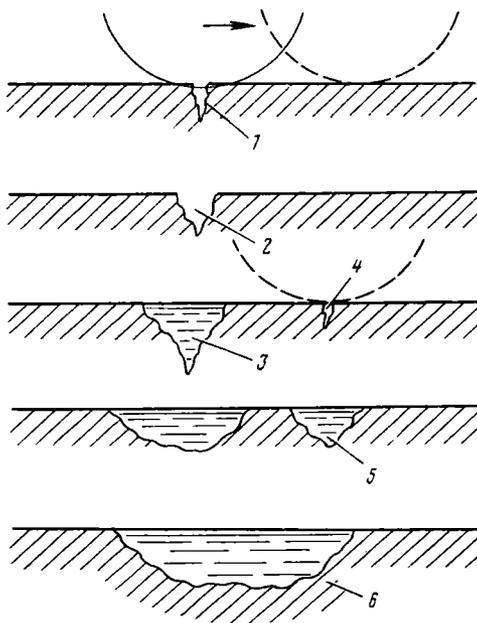


Рис. 5.6. Динамика развития выбоин на покрытии:

1, 2 – трещины или раковины при выкрашивании; 3 – расклинивающее действие воды и льда и образование трещины в зоне повторного удара; 4 – вторичный удар колеса; 5, 6 – развитие смежных выбоин и их объединение

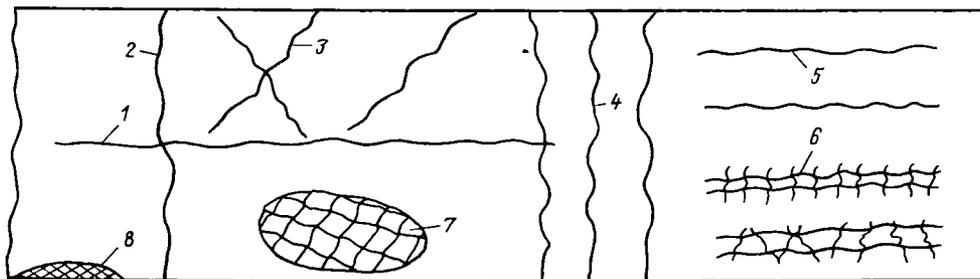


Рис. 5.7. Трещины и разрушения покрытия:

1 – продольные по оси дороги; 2 – поперечные; 3 – косые; 4 – частые поперечные на всю ширину; 5 – продольные по полосам наката; 6 – сетка трещин по полосам наката; 7 – сетка трещин на пучинистых участках; 8 – обломы кромок

способствует повышенная пластичность верхнего слоя (избыток вяжущего или недостаточная теплоустойчивость при высокой температуре). Смещаемый колесом поверхностный слой образует складки и наплывы.

*Волны и гребенки* – неровности в виде поперечных гребней и впадин с пологими краями. Закономерно чередуясь вдоль покрытия, они формируются, как и сдвиги, в местах торможения автомобилей практически на всех типах покрытий, кроме цементобетонных. Основная причина волнообразования – излишняя пластичность материала, избыток вяжущего или низкая теплоустойчивость смеси, недостатки уплотнения, а также систематическое воздействие на покрытие автомобилей одинаковой массы при одинаковой скорости. На покрытиях переходного типа, преимущественно гравийных, поперечные волны образуют гребенку – правильные четко выраженные поперечные выступы, чередующиеся с углублениями.

*Трещины* на покрытиях бывают различных размеров и формы (рис. 5.7). На асфальтобетонных и других покрытиях, построенных с применением органического вяжущего, трещины могут быть одиночные поперечные, продольные, косые и в виде сетки.

*Трещины поперечные сквозные* на всю ширину покрытия (температурные) возникают осенью и в начале

зимы вследствие резких перепадов температуры воздуха и недостаточной сопротивляемости температурным напряжениям. Они располагаются по проезжей части на определенном расстоянии друг от друга (5–10 м).

*Продольные трещины*, расположенные через 20–40 см друг от друга на полосах наката, в сочетании с поперечными трещинами через 1–4 м на всю ширину проезжей части бывают на покрытиях, содержащих органическое вяжущее, построенных на непрочных основаниях из грунтов или каменных материалов, укрепленных минеральным вяжущим (цемент, известь, золы уноса).

*Продольные трещины* на асфальтобетонных покрытиях часто появляются на стыке двух полос укладки покрытия при плохом сопряжении. Продольные трещины на полосах наката образуются под интенсивным движением автомобилей из-за недостаточной прочности отдельных слоев одежды и грунтового основания (недоуплотнение, переувлажнение), превышения нагрузок и интенсивности движения по сравнению с расчетными. Трещины продольно-косые возникают вследствие недостаточной прочности дорожной одежды, недоуплотнения грунтов полотна и их последующей осадки, особенно на высоких насыпях, а также над трубами.

*Сетка трещин* с мелкими ячейками на полосах наката размером сто-

рон 10–20 см бывает на покрытии, как правило, при недостаточной прочности основания на участках оттаивания переувлажненного грунта в весенний период и период пучинообразования. Главная причина большинства трещин – усталость дорожных одежд, их недостаточная прочность.

*Трещины на цементобетонных покрытиях* бывают поперечные сквозные, продольные и косые сквозные, поверхностные и волосные усадочные. *Поперечные сквозные* трещины образуются при больших расстояниях между швами и в тех случаях, когда произошло сцепление бетонных плит с основанием, и они не могут перемещаться при температурных изменениях. *Продольные сквозные* трещины возникают при неоднородно уплотненном земляном полотне, когда края, уплотненные меньше, начинают давать осадку. *Косые сквозные* трещины появляются над пустотами, осадками земляного полотна и при недостаточно прочном покрытии. Наличие сквозных трещин в цементобетонных покрытиях обычно служит признаком недостаточной прочности и начала разрушения. *Поверхностные*, неглубокие трещины возникают из-за неравномерного распределения температуры по толщине плиты, вызывающего ее коробление.

*Разрушение стыков* – обламывание кромок и выбивание заполняющей мастики. Основными причинами являются удары колес автомобилей, недоброкачественная цементобетонная смесь, неудовлетворительная нарезка и отделка швов.

*Просадки* – впадины глубиной 50–100 мм и более с пологой поверхностью, но без выпучивания и образования трещин на прилегающих участках. Они возникают в местах пониженной прочности слоев одежды и грунта при увлажнении. Просадки могут быть в первые годы эксплуатации дороги при неблагоприятных грунтово-гидрогеологических условиях, вследствие недо-

статочного уплотнения грунтов земляного полотна и слоев одежды, а также при проявлении тяжелых автомобилей, на которые дорожная одежда не была рассчитана.

*Проломы* – разрушения одежды в виде более или менее длинных прорезей глубиной до 100 мм по полосам наката и выпучиваний сбоку проломов высотой 50–100 мм. Мокрые проломы образуются вследствие переувлажнения и пластического течения материала слоев основания и грунта, сухие – вследствие прорезания всех слоев одежды под действием вертикальной силы при недостаточной толщине конструкции и слабом уплотнении слоев и грунтов земляного полотна.

*Колели* – деформации и разрушения дорожной одежды в виде небольших углублений по полосам наката. При интенсивном тяжелом движении колели могут превратиться в проломы. Колели образуются при накоплении пластических деформаций в слоях дорожной одежды, а также усиленном износе верхнего слоя покрытия. В реальных условиях оба процесса колееобразования суммируются.

*Разрушение кромок* – отдельные трещины и сетки трещин вдоль кромок, откол, искажение поперечного профиля прикромочных полос. Разрушение кромок происходит вследствие пониженной прочности прикромочных полос проезжей части (заниженная толщина слоев одежды у кромок, повышенная влажность грунта основания под кромкой) и отсутствия укрепленных полос со стороны обочин. Наличие деформаций и разрушений чаще всего свидетельствует о недостаточной прочности дорожной конструкции, о превышении фактической интенсивности движения над расчетной.

*Износ покрытий и его причины.* На износ покрытий наибольшее влияние оказывает движущиеся автомобили. Под нагрузкой шина деформируется, в зоне контакта с покрытием сжимается, а вне контакта расширяется (рис. 5.8). Путь точки на шине в плоскости контакта  $l_1$  меньше,

чем вне его  $l$ , точка перемещается с ускорением, большим по сравнению с движением до входа в контакт с покрытием. В то же время угловая скорость  $\alpha$  в секторах практически одинаковая. Поэтому точка проходит по покрытию путь определенной длины с проскальзыванием вместо одного качения. Под воздействием этих усиленных касательных напряжений в плоскости следа истираются покрытие и шины. Наибольшие касательные усилия и наибольший износ возникают при торможении автомобиля. Износ от грузовых автомобилей примерно в 2 раза больше в сравнении с легковыми. Чем больше прочность, тем меньше и равномернее износ покрытия по ширине.

На покрытиях из малопрочных материалов интенсивность износа значительно выше, чаще образуются колеи и выбоины.

Средний износ по всей площади покрытия (мм)

$$h_{cp} = Kh_n, \quad (5.2)$$

где  $K$  коэффициент неравномерности износа (в среднем  $K = 0,6 \div 0,7$ );  $h_n$  — износ в полосе наката, мм.

Износ усовершенствованных покрытий измеряют в миллиметрах, а покрытий переходного типа также и по объему потери материала.

**Особенности износа шероховатых покрытий.** Их износ проявляется в уменьшении высоты и шлифовании неровностей макрошероховатости.

Уменьшение макрошероховатости покрытий под действием колес автомобилей происходит в два этапа. На первом этапе сразу после окончания строительства шероховатость покрытия уменьшается за счет погружения щебня в нижележащий слой покрытия. Размер этого погружения зависит от интенсивности и состава движения, крупности щебня и твердости покрытия, которую оценивают глубиной погружения иглы твердомера; асфальтобетонные покрытия могут быть очень твердые — 0–2 мм, твердые — 2–5 мм, нормаль-

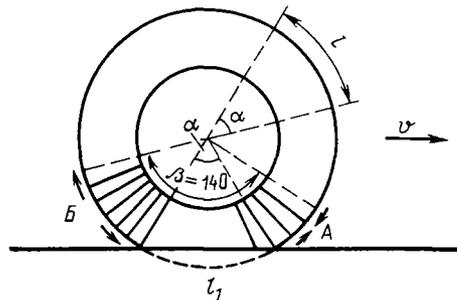


Рис. 5.8. Схема истирания покрытия шины:  
А — зона сжатия; Б — зона растяжения

ные — 5–8 мм, мягкие — 8–12 мм, очень мягкие — 12–18 мм. Цементобетонные покрытия обладают абсолютной твердостью.

По данным канд. техн. наук М. В. Немчинова общее уменьшение макрошероховатости может быть описано уравнением [12]

$$R_{cp} = ae^{-bm} + c, \quad (5.3)$$

где  $m$  — число прошедших автомобилей;  $a$ ,  $b$ ,  $c$  — коэффициенты, зависящие соответственно от размера щебня, твердости покрытия и состава транспортного потока.

**Определение износа покрытий расчетом.** Среднее значение уменьшения толщины покрытий в год вследствие износа можно определить по формуле проф. М. Б. Корсунского [18]

$$h = a + bB \quad (5.4)$$

или

$$h = a + bN/1000, \quad (5.5)$$

где  $a$  — параметр, зависящий в основном от погодоустойчивости покрытия и климатических условий;  $b$  — показатель, зависящий от качества (в основном прочности) материала покрытия, степени его увлажнения, состава и скорости движения;  $B$  — грузонапряженность движения, млн. т брутто в год;  $N$  — интенсивность движения, авт./сут ( $N \cong \cong 0,001 B$ ).

Износ покрытия за  $T$  лет с учетом изменения состава и интенсивности

потока в перспективе по геометрической прогрессии

$$h_t = aT + \frac{bN_1 (Kq_1)^T - 1}{1000 (Kq_1 - 1)}, \quad (5.6)$$

где  $N_1$  – интенсивность движения в исходном году, авт./сут;  $K = 1,05 \div 1,07$  – коэффициент, учитывающий изменение состава потока;  $q_1$  – показатель ежегодного роста интенсивности движения ( $q_1 > 1,0$ ).

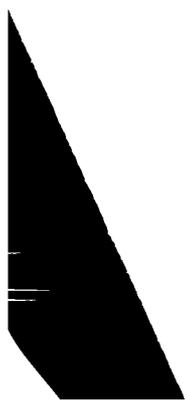
В последние годы для повышения устойчивости движения автомобилей стали применять шины с шипами и цепями. Асфальтобетонные покрытия при эксплуатации с цепями и шипами изнашиваются в 2–3 раза быстрее. Даже на покрытиях из высокопрочного литого асфальтобетона на автомобильных магистралях ФРГ, где используют шины с шипами, через одну-две зимы образуются колеи по полосам наката глубиной до 10 мм. Поэтому в условиях СССР использование шин с шипами и цепями противоскольжения на дорогах общего пользования должно быть строго ограничено.

В качестве критерия предельного состояния покрытия по износу можно принять размер допустимого износа  $H_n$  для покрытий: асфальтобе-

тонных – 10–20 мм; щебеночных (гравийных), обработанных органическим вяжущим, – 30–40 мм; щебеночных из прочного щебня – 40–50 мм; гравийных – 50–60 мм.

**Измерение износа.** Ежегодный износ цемента-, асфальтобетонных и других монолитных покрытий измеряют при помощи реперов, закладываемых в толщу покрытия, и износомера [18]. При этом способе измерения износа в покрытие предварительно закладывают реперы – стаканчики из латуни. Дно стаканчика служит поверхностью, от которой выполняют отсчет. Износ определяют также с помощью пластин (марок) трапецидальной формы из известняка или мягкого металла, заделываемых в покрытие и истирающихся совместно с ним.

Для определения износа покрытий можно использовать различного рода электрические приборы для измерения толщины слоев в слоистых полупространствах. Например, в ФРГ используют электромагнитный прибор стратотест, основанный на отражении электромагнитных волн. Подобный прибор разработан также в Ленинградском филиале Союздорнии.



**Глава 6****ТРАНСПОРТНО-ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ ДОРОГ, МЕТОДЫ ИХ ОПРЕДЕЛЕНИЯ****6.1. Показатели технического уровня и эксплуатационного состояния дорог**

Автомобильная дорога состоит из многих элементов и обустройств различного назначения и характеризуется большим числом параметров, поэтому для оценки ее качества и состояния применяют широкую номенклатуру простых, групповых и комплексных показателей. В абсолютной форме эти показатели в большей степени раскрывают физическую сущность оцениваемых параметров, но затрудняют сравнительную оценку. В относительной форме сразу дается вывод о соответствии того или иного параметра установленным требованиям.

Качество автомобильной дороги обеспечивается ее техническим уровнем (ТУ), эксплуатационным состоянием (ЭС), инженерным оборудованием и обустройством (ИО), уровнем содержания (УС).

Показатели технического уровня (ПТУ) зависят от постоянных параметров дороги, которые определены на стадии проектирования и редко изменяются в процессе эксплуатации. Показатели эксплуатационного состояния дороги (ПЭС), наоборот, непрерывно изменяются в процессе эксплуатации, так как зависят от переменных параметров и характеристик дороги, которые изменяются под действием движущихся транс-

портных средств, природно-климатических факторов и мероприятий по ремонту и содержанию дороги.

Во многих случаях к показателям эксплуатационного состояния дороги относят только показатели состояния дорожной одежды и покрытия проезжей части: прочность, ровность, шероховатость, коэффициент сцепления, износ. Их необходимо дополнить показателями фактически используемой для движения ширины и состояния проезжей части, краевых укрепленных полос и обочин, сопротивлением качению и др.

Важной характеристикой качества дороги служит ее оснащенность инженерным оборудованием и обустройством, к которым относят технические средства организации движения (ограждения, разметку, знаки, освещение), защитные сооружения (снегозащитные лесонасаждения, заборы, галереи, противоловинные и другие сооружения), здания и сооружения автосервиса и автотранспортной службы (мотели, кемпинги, площадки отдыха, пункты питания, АЗС, СТО, автобусные остановки, автовокзалы).

Предложен ряд показателей для оценки эргономических качеств дороги (психофизиологическое восприятие дороги водителем, уровень шума и вибрации, отражающая способность покрытий, эстетичность), экологических качеств дороги (загрязненность придорожного пространства, запыляемость и засоление почвы и грунтовых вод и др.).

Обобщенной характеристикой служит понятие *транспортно-экс-*

платационное состояние автомобильной дороги (ТЭС АД), которое включает технический уровень, эксплуатационное состояние и инженерное оборудование и обустройство:

$$\text{ТЭС АД} = \text{ТУ} + \text{ЭС} + \text{ИО}. \quad (6.1)$$

Соответственно и показатели транспортно-эксплуатационного состояния дороги включают показатели технического уровня (ПТУ), эксплуатационного состояния (ПЭС) и инженерного оборудования и обустройства (ПИО):

$$\text{ПТЭС АД} = \text{ПТУ} + \text{ПЭС} + \text{ПИО}.$$

(6.2)

Оценка транспортно-эксплуатационного состояния имеет большое значение для дорожных организаций при решении задач ремонта и содержания дороги. Однако с позиций водителей, пассажиров, владельцев автомобилей и автотранспортных предприятий важнее оценка потребительских свойств дороги, которые обеспечиваются ее транспортно-эксплуатационным состоянием и содержанием.

*Потребительские свойства дороги* – ее транспортно-эксплуатационные качества, которые оцениваются транспортно-эксплуатационными показателями (ТЭП АД): обеспеченная скорость и пропускная способность, непрерывность, удобство и безопасность движения, допустимая осевая нагрузка и грузоподъемность (или общая масса) автомобилей и автомобильных поездов.

От транспортно-эксплуатационных качеств дороги зависят *технико-экономические показатели* работы автомобильного транспорта на данной дороге (ТЭП АТ): средняя скорость транспортного потока, производительность автомобилей, себестоимость перевозок, расход топлива и др. Таким образом, ТЭП АТ характеризуют эффективность функционирования системы дорожные условия – транспортные потоки. Исходя из этого применение средней скорости транспортного потока в

качестве транспортно-эксплуатационного показателя дороги можно считать условным, поскольку интенсивность и состав транспортного потока могут оказывать на среднюю скорость большее влияние, чем собственно качества дороги. Показатель обеспеченной скорости очищен от этого влияния.

В расчетах и сопоставлениях технико-экономические показатели работы автомобильного транспорта на данной дороге принимают и за технико-экономические показатели самой дороги. В этих расчетах средняя скорость транспортного потока является важнейшей характеристикой системы «дорожные условия – транспортные потоки».

В практической деятельности для оценки технического уровня и эксплуатационного состояния дорог используют систему следующих основных показателей ТЭП АД.

*Эксплуатационный коэффициент обеспеченности расчетной скорости* – отношение фактической максимальной скорости одиночного автомобиля на каждом участке  $v_{\phi \max}$  к расчетной скорости для дороги данной категории и рельефа местности  $v_p$ , принятой в соответствии со СНиП 2.05.02-85,

$$K_{p.сз} = v_{\phi \max} / v_p. \quad (6.3)$$

В благоприятных условиях (отсутствие дождя, снегопада, метели, гололеда, сильного ветра, пыльной бури, тумана) дорога должна обеспечивать значение  $K_{p.сз} \geq 1$ . В неблагоприятных погодно-климатических условиях допускается снижение обеспечиваемой скорости, но не более чем на 25% в осенне-весенний и зимний периоды ( $K_{p.сз} \geq 0,75$ ) и, как исключение, не более чем на 50% во время сильных дождей, туманов, пыльных бурь, штормовых ветров, гололеда, метелей и сильных снегопадов ( $K_{p.сз} \geq 0,5$ ).

Учитывая разнообразие расчетных скоростей для дорог различных категорий, для оценки качества и состояния дорог принимают одну базовую расчетную скорость  $v_p^6 =$

= 120 км/ч. Тогда коэффициент обеспеченности базовой расчетной скорости, или просто коэффициент обеспеченности расчетной скорости,

$$K_{p.c} = v_{\phi \max} / 120. \quad (6.4)$$

Такой метод позволяет оценивать и сравнивать качество всех дорог по единому показателю. В этом случае эксплуатационный коэффициент обеспеченности расчетной скорости

$$K_{p.cэ} = \frac{v_p^6}{v_p} K_{p.c}$$

или  $K_{p.cэ} = 120 K_{p.c} / v_p. \quad (6.5)$

Пропускную способность и уровень загрузки движением проверяют на дорогах и их участках с фактической интенсивностью в физических единицах более 4 тыс. авт./сут при состоянии дорог и условиях движения, характерных для летнего, осенне-весеннего и зимнего периодов. На дорогах и участках с меньшей интенсивностью движения указанные показатели не проверяют.

Пропускная способность автомобильной дороги – максимальное число автомобилей, которое может пропустить данный участок дороги в единицу времени.

Уровень загрузки дороги движением – отношение фактической интенсивности движения, приведенной к легковому автомобилю  $N$  (авт./ч), к пропускной способности  $P$  (авт./ч)

$$Z = N/P. \quad (6.6)$$

Уровень загрузки не должен превышать следующих значений:

	$Z$ , не более
Подъезды к аэропортам, железнодорожным станциям, морским и речным причалам и пристаням	0,5
Внегородские автомобильные магистрали	0,6
Входы в города, обходы и кольцевые дороги вокруг больших городов	0,65
Автомобильные дороги II и III категорий	0,7
Автомобильные дороги IV категории	0,75

В неблагоприятные периоды года допускается увеличение уровня загрузки, но не более чем на 15%.

*Показатели безопасности движения* – коэффициенты происшествий  $I$ , аварийности  $K_a$  и безопасности  $K_b$ .

Для участка дороги коэффициент происшествий ДТП (1 млн авт.-км)

$$I = 10^6 A / 365 L N n, \quad (6.7)$$

где  $A$  – число происшествий в год;  $L$  – длина участка, км;  $N$  – среднегодовая суточная интенсивность движения (принимают по данным учета движения), авт./сут;  $n$  – число лет, за которые произошло  $A$  происшествий.

Участки и места концентраций ДТП по опасности для движения оценивают исходя из коэффициентов происшествий:

$I$	< 0,4	0,41–0,8	0,81–1,2	> 1,2
Характеристика участка	не-опасный	мало-опасный	опасный	очень опасный

Итоговый коэффициент аварийности для каждого периода года определяют как произведение частных коэффициентов, учитывающих влияние отдельных элементов плана, профиля, характеристик покрытия, интенсивности движения и т. д.,

$$K_a = K_1 K_2 K_{18}. \quad (6.8)$$

Степень опасности движения по коэффициентам аварийности определяют в зависимости от итогового коэффициента аварийности в каждый период года (в равнинной и холмистой местности):

$K_a$	0–10	10–20	20–40	> 40
Характеристика участка	не-опасный	мало-опасный	опасный	очень опасный

В горной местности на дорогах, проложенных перевальным ходом, и на дорогах, где на большой протяженности имеются продольные уклоны более  $50^\circ/\infty$  и кривые в плане радиусом менее 300 м, степень опасности определяют по соотношению значения сезонного итогового коэффициента аварийности на смежных участках:

Разница между значениями сезонного $K_a$ на смежных участках, %	до 20	20–40	40–100	> 100
Характеристика участка	не-опасный	мало-опасный	опасный	очень опасный

Коэффициент безопасности для каждого периода года определяют как отношение максимальной скорости на участке к максимальной скорости въезда автомобилей на этот участок или как отношение эксплуатационных коэффициентов обеспеченности расчетной скорости на участке и на въезде

$$K_6 = v_{\Phi \max}^y / v_{\Phi \max}^x \quad \text{или} \quad K_6 = K_{p.c3}^y / K_{p.c3}^x \quad (6.9)$$

По опасности для движения участки оценивают исходя из значений коэффициента безопасности:

$K_6$	0,4	0,4–0,6	0,6–0,8	> 0,8
Характеристика участка	очень опасный	опасный	мало-опасный	не-опасный

*Показатель прочности дорожной одежды* – коэффициент запаса прочности, т.е. отношение фактического модуля упругости дорожной одежды  $E_{\Phi}$  к требуемому модулю упругости по интенсивности и составу движения на период оценки  $E_{тр}$ ,

$$K_{з.пр} = E_{\Phi} / E_{тр} \geq 1. \quad (6.10)$$

Коэффициент запаса прочности

$$K_{з.пр} = [\lambda] / \lambda \geq 1, \quad (6.11)$$

где  $[\lambda]$  – допустимый относительный прогиб дорожной одежды;  $\lambda$  – фактический прогиб.

Коэффициент запаса прочности следует отличать от коэффициента прочности, который вычисляют из отношения фактического модуля упругости дорожной одежды на период оценки к требуемому модулю упругости по интенсивности и составу потока на перспективный расчетный год, предусмотренный в проекте  $E_{тр.пр}$ ,

$$K_{пр} = E_{\Phi} / E_{тр.пр}. \quad (6.12)$$

Для капитальных дорожных одежд нежесткого типа, работающих в стадии только упругих деформаций, дополнительно определяют коэффициенты прочности по сдвигу в подстилающем грунте и в слоях из слабосвязных материалов  $K_{сдв}$  и коэффициент прочности на растяжение при изгибе монолитных слоев дорожной одежды  $K_n$ :

$$K_{сдв} = [p] / p \geq 1; \quad (6.13)$$

$$K_n = [R_n] / \sigma_r \geq 1, \quad (6.14)$$

где  $[p]$  – давление на покрытие, при котором достигается местное предельное равновесие по сдвигу в подстилающем грунте либо в слабосвязном материале промежуточного слоя дорожной одежды, МПа;  $p$  – давление на поверхность покрытия от расчетной нагрузки, МПа;  $R_n$  – допустимое растягивающее напряжение при изгибе с учетом усталости, МПа;  $\sigma_r$  – наиболее растягивающее напряжение в покрытии либо в промежуточном слое одежды, МПа.

Для одежд с цементобетонными покрытиями и основаниями коэффициент прочности  $K_{ц}$  представляет собой отношение нагрузки, допустимой для данной конструкции  $[Q]$  (с учетом температурных напряжений и усталостных явлений), к нагрузке на колесо наиболее тяжелого транспортного средства  $Q$

$$K_{ц} = [Q] / Q. \quad (6.15)$$

*Показатель ровности дорожных покрытий*, или коэффициент ровности, – отношение предельно допустимой ровности  $[S_n]$  для дороги данной категории, типа покрытия и интенсивности движения к фактической ровности  $S_{\Phi}$

$$K_p = [S_n] / S_{\Phi} \geq 1. \quad (6.16)$$

*Показатель сцепных качеств*, или коэффициент относительного сцепления колес с покрытием (коэффициент скользкости), – отношение фактического коэффициента сцепления  $\phi_{\Phi}$  к допустимому  $[\phi_n]$

$$K_c = \phi_{\Phi} / [\phi_n] \geq 1. \quad (6.17)$$

*Показатель дефектности покрытий* определяет деформативные и

прочностные свойства, которые можно характеризовать наличием разрушений и деформаций на единице площади. Дефект – это каждое отдельное несоответствие дороги установленным требованиям. Метод вычисления показателя дефектности основан на относительной оценке числа и весомости дефектов, учитываемых коэффициентом

$$K_d = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^m d_i b_i, \quad (6.18)$$

где  $m$  – суммарное число дефектов в выборке;  $d_i$  – число дефектов данного вида в выборке;  $b_i$  – коэффициент весомости дефекта данного вида, %;  $n$  – объем выборки.

По  $K_d$  можно вычислить комплексный показатель уровня качества объекта

$$K_k = 1 - K_d / K_{д.б}, \quad (6.19)$$

где  $K_{д.б}$  – значение базового уровня дефектности объекта.

Метод дефектов нашел применение для оценки качества покрытия, земляного полотна, мостов, эксплуатационного содержания дорог.

Эксплуатационные показатели изменяются в годовом и более длительном периоде. Характер сезонного внутригодового изменения зависит в основном от климатических условий. В более длительном периоде в процессе службы дороги эксплуатационные показатели зависят от режимов дорожного движения, прочности покрытия и слоев одежды, водно-теплового режима дороги (рис. 6.1).

## 6.2. Скорость и методы ее оценки

Фактическая скорость на дороге служит интегральным показателем состояния (показателем ТЭС АД) и транспортно-эксплуатационным показателем дороги (ТЭП АД), от которого зависят все показатели эффективности работы автомобильного транспорта (ТЭП АТ).

Основываясь на этом свойстве скорости как главном обобщающем

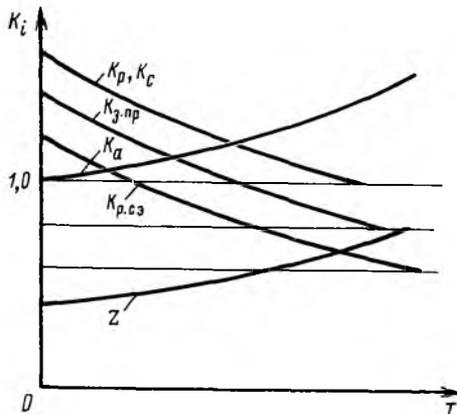


Рис. 6.1. Закономерности изменения транспортно-эксплуатационных показателей дорог во времени

показателе, разработана методика комплексной оценки технического уровня и эксплуатационного состояния дорог по коэффициенту обеспеченности расчетной скорости (см. п. 6.7). Для определения указанного коэффициента [(см. формулу (6.3)] необходимо получить значение максимально возможной или максимально допустимой по условиям безопасности скорости одиночного легкового автомобиля. Максимальную скорость можно получить расчетно-аналитическим или экспериментальным методом. Эти скорости могут быть получены непосредственным измерением:

а) измеряют скорость одиночных легковых автомобилей типа ГАЗ-24 «Волга», ВАЗ «Жигули», «Москвич» (при свободных условиях движения) или скорость этих автомобилей, едущих во главе группы автомобилей (при частично связанных условиях движения). Для получения объективных данных необходимо не менее 30 замеров в каждом створе. На основе измерений строят кумулятивные кривые распределения скоростей, а за фактическую максимальную принимают скорость легкового автомобиля 85%-ной обеспеченности;

б) измеряют скорость всех автомобилей (легковых и грузовых) и строят кумулятивные кривые рас-

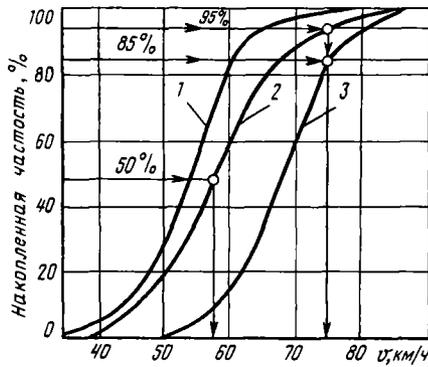


Рис. 6.2. Кумулятивные кривые распределения скоростей по уровню обеспеченности:  
1 – грузовые автомобили; 2 – транспортный поток; 3 – легковые автомобили

предела скорости транспортного потока, а за фактическую максимальную принимают скорость 95%-ной обеспеченности (рис. 6.2). Средняя скорость потока соответствует 50%-ной обеспеченности;

в) для предварительной и ориентировочной оценки допускается определять максимальную скорость методом следования за лидером. При этом скорость на каждом километре и характерном участке определяют по спидометру легкового автомобиля, который движется за одиночным или головным автомобилем. На каждом участке производят не менее трех-четырех проездов, по которым определяют среднюю скорость. Фактическую максимальную скорость принимают на 10–20% выше средней из этих замеров.

Получив значения фактической максимальной скорости на каждом участке в каждый характерный период года, определяют эксплуатационный коэффициент обеспеченности расчетной скорости и сравнивают его с допустимым (см. п. 6.7).

Для оценки технико-экономических показателей дороги определяют среднюю скорость свободного движения и среднюю скорость транспортного потока. На дорогах IV и V категорий, а также на значительной части дорог III категории, где уровень загрузки не превышает 0,2, средняя скорость свободного движения и средняя скорость транспортного потока практически совпадают.

Средняя скорость свободного движения по результатам измерения скоростей автомобилей

$$\bar{v}_{св} = \sum_{i=1}^n v_i/n, \quad (6.20)$$

где  $n$  – число автомобилей, для которых измерены скорости;  $v_i$  – мгновенная скорость  $i$ -го автомобиля на данном участке, км/ч.

С увеличением интенсивности движения скорость транспортного потока снижается и тем больше, чем больше в потоке грузовых автомобилей, автобусов и автомобильных поездов.

Как показывают исследования, все значения скорости связаны одной зависимостью (рис. 6.3). Так,

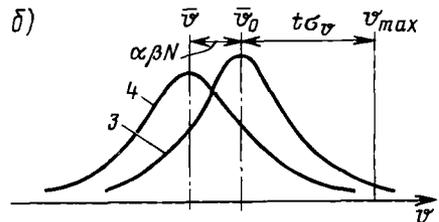
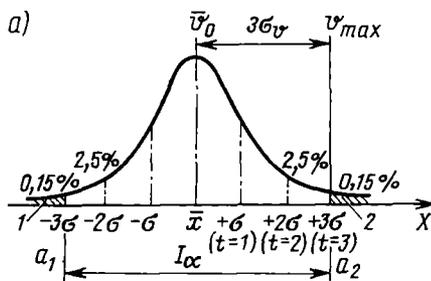


Рис. 6.3. Связь между максимальной и средней скоростями:

$a$  – границы доверительного интервала;  $b$  – кривые распределения скоростей одиночных автомобилей и транспортного потока;  $I_\alpha$  – доля значений скорости, лежащих ниже и выше границ доверительного интервала; 3, 4 – кривые распределения скоростей одиночных автомобилей и транспортного потока;  $a_1$ ,  $a_2$  – нижняя и верхняя границы доверительного интервала;  $I_\alpha$  – доверительный интервал

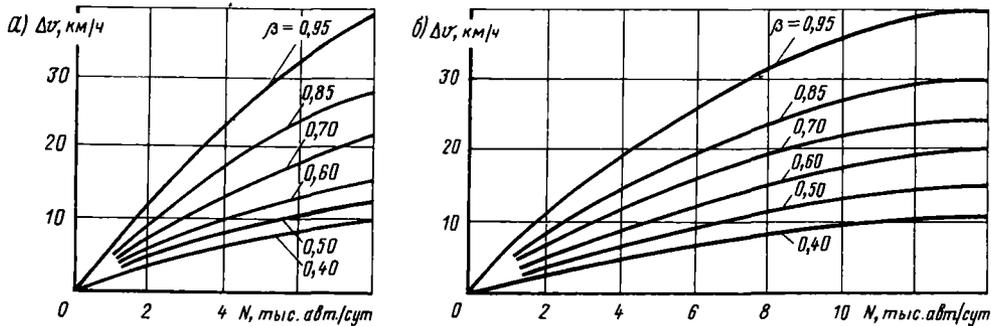


Рис. 6.4. Влияние интенсивности и состава движения на снижение средней скорости:  
 а — на двухполосных дорогах; б — на четырехполосных автомобильных магистралях с разделительной полосой

средняя скорость свободного движения [5]

$$\bar{v}_{св} = v_{\phi \max} - t \sigma_{v\phi}, \quad (6.21)$$

где  $v_{\phi \max}$  — максимально возможная или безопасная обеспеченная скорость одиночного легкового автомобиля на данном участке при фактическом ее состоянии;  $t$  — функция доверительной вероятности, или гарантийный коэффициент;  $\sigma_{v\phi}$  — среднее квадратичное отклонение скорости свободного транспортного потока.

Значения  $t$  зависят от доверительной вероятности при одностороннем ограничении:

Доверительная вероятность, %	85	90	95	99,85
Расчетное значение $t$	1,04	1,28	1,64	3,0

Средняя скорость транспортного потока

$$\bar{v} = \bar{v}_{св} - \Delta v, \quad (6.22)$$

где  $\Delta v$  — снижение скорости автомобилей под воздействием интенсивности и состава транспортного потока:

$$\Delta v = \alpha \beta N, \quad (6.23)$$

$\alpha$  — коэффициент, учитывающий влияние интенсивности движения;  $\beta$  — коэффициент, учитывающий состав транспортного потока (численно равен доле грузовых автомобилей, автобусов и автомобильных поездов, движущихся по полосе);  $N$  — интенсивность движения, авт./сут (для автомобильных магистра-

лей принимается по каждому направлению отдельно).

Значения  $\Delta v$  зависят от интенсивности и состава движения (рис. 6.4). Таким образом, общая зависимость, связывающая различные значения скоростей автомобилей на дороге,

$$\bar{v} = v_{\phi \max} - t \sigma_{v\phi} - \alpha \beta N \quad (6.24)$$

или

$$\bar{v} = 120 K_{p.c} - t \sigma_{v\phi} - \Delta v. \quad (6.25)$$

Среднее квадратичное отклонение:

$$\text{при } n > 30 \quad \sigma_v = \sqrt{(x - \bar{x})^2/n}, \quad (6.26)$$

$$\text{при } n < 30 \quad \sigma_v = \sqrt{(x - \bar{x})^2/(n-1)}, \quad (6.27)$$

где  $x$  — измеренное значение скорости, км/ч;  $\bar{x}$  — среднеарифметическая скорость из всех измеренных значений, км/ч;  $n$  — число измерений.

При отсутствии непосредственных измерений максимальную скорость на каждом характерном участке можно определить аналитически исходя из требований к геометрическим параметрам и транспортно-эксплуатационным характеристикам. Основной задачей при этом является обязательный учет влияния метеорологических факторов на состояние дороги, взаимодействие автомобиля с дорогой и восприятие водителем условий движения.

Таблица 6.1

Характеристика дороги	Расчетные значения $a_0$ и $b$ при определении среднего квадратичного отклонения					
	$\sigma_{\max}$		$\sigma_{\text{ср}}$		$\sigma_{\min}$	
	$a_0$	$b$	$a_0$	$b$	$a_0$	$b$
Двухполосная Автомобильная магистраль с разделительной полосой	3,5	0,001	3,0	0,0008	2,5	0,0006
	0	0,00068	0	0,00056	0	0,00041

В этом случае необходимые для определения средней скорости транспортного потока значения среднего квадратичного отклонения

$$\sigma_v = a_0 + bv_{\text{ф max}}^2 \quad (6.28)$$

Значения  $a_0$  и  $b$  приведены в табл. 6.1.

Максимальные значения  $\sigma_v$  принимают для двухполосных дорог при наличии в потоке более 70% грузовых автомобилей, автобусов и автомобилей с прицепами; минимальные – если их менее 40%. Для автомобильных магистралей максимальные значения принимают для правой крайней полосы, минимальные – для левой.

В результате обработки измерений или вычислений для каждого участка дороги и характерного ее состояния получают фактические максимальные скорости, коэффициент обеспеченности расчетной скорости и среднюю скорость транспортного потока, строят линейные графики или эпюры указанных показателей. Для автоматизированного расчета коэффициентов обеспеченности расчетной скорости и построения эпюр в Гипродорнии разработан комплекс программ на ЭВМ (программы ВАЕМ-С). Программы модифицированы в двух вариантах: ВАЕМ-С-1 – для дорог I категории и ВАЕМ-С-2 – для II-IV

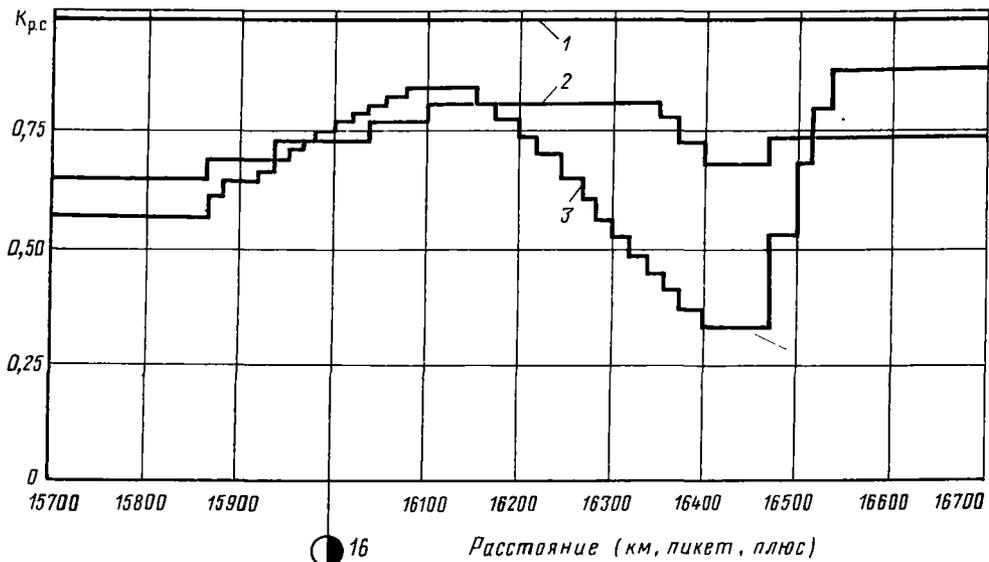


Рис. 6.5. Линейный график коэффициентов обеспеченности расчетной скорости, выдаваемой ЭВМ:

1 – летний период; 2 – осенне-весенний период; 3 – зимний период

На каждом участке из всех оцениваемых параметров дороги, влияющих на скорость, принимают  $K_{p.c}$  по тому параметру, который дает меньшее значение. Например, если кривая малого радиуса в плане совпадает с крутым подъемом, то для летнего и переходных периодов  $K_{p.c}$  может быть принята по схеме расчета скорости на кривой малого радиуса, а для зимнего периода при наличии рыхлого снега на покрытии – по схеме преодоления подъема.

На наиболее сложных участках целесообразно проверить условия движения автомобилей в период наиболее опасных метеорологических факторов. Для этого по расчетным схемам и графикам (рис. 6.5) определяют максимальные скорости и значения  $K_{p.c}$  для каждого метеорологического фактора (см. п. 6.4).

Для определения *средней и среднегодовой скоростей по всей дороге (маршруту)* вначале определяют среднюю скорость транспортного потока на каждом  $i$ -м участке в течение всего года

$$\bar{v}_{ср.г}^i = \frac{1}{365} (\bar{v}_{сух} T_{сух} + \bar{v}_м T_м + \bar{v}_{сн} T_{сн} + \bar{v}_{сн.н} T_{сн.н} + \bar{v}_г T_г), \quad (6.29)$$

где  $\bar{v}_{сух}$ ,  $\bar{v}_м$ ,  $\bar{v}_{сн}$ ,  $\bar{v}_{сн.н}$ ,  $\bar{v}_г$  – средние скорости транспортного потока в обоих направлениях на данном участке при сухом, мокром и заснеженном покрытиях, снежном накате и гололеде, определенные по формулам (6.24) и (6.25);  $T_{сух}$ ,  $T_м$ ,  $T_{сн}$ ,  $T_{сн.н}$ ,  $T_г$  – продолжительность сухого, мокрого и заснеженного покрытий, снежного наката и гололеда, дни (см. п. 4.3).

Среднегодовая средневзвешенная скорость транспортного потока в целом по дороге

$$\bar{v}_{ср.г} = \sum_{i=1}^k \bar{v}_{ср.г}^i l_i / L, \quad (6.30)$$

где  $k$  – число характерных участков;  $l_i$  – длина каждого характерного участка, км;  $L$  – общая длина дороги, км.

Таким образом, изложенная методика устанавливает неразрывную связь между расчетной скоростью,

максимальной скоростью в реальных дорожных и метеорологических условиях, средней скоростью свободного движения и средней скоростью транспортного потока на каждом участке и на дороге в целом, что позволяет решать многие теоретические и практические задачи эксплуатации дорог.

### 6.3. Влияние параметров и состояния дороги на обеспеченность расчетной скорости

Задача оценки степени влияния отдельного параметра на скорость движения состоит в том, чтобы установить механизм этого влияния и физический смысл, выбрать расчетную схему и дать математическое описание, позволяющее определить максимальную скорость расчетного автомобиля.

*Влияние ширины укрепленной поверхности дороги* на обеспеченность расчетной скорости оценивают исходя из понятия «ширина психологического коридора», предложенного в [4, 5]. Психологический коридор – ширина дороги, которая оказывает психологическое воздействие на водителя при выборе траектории и режима движения (рис. 6.6).

Общая ширина психологического коридора

$$B_n = (c + k + 2x)/2 + z. \quad (6.31)$$

Сокращение ширины укрепленной поверхности дороги приводит к су-

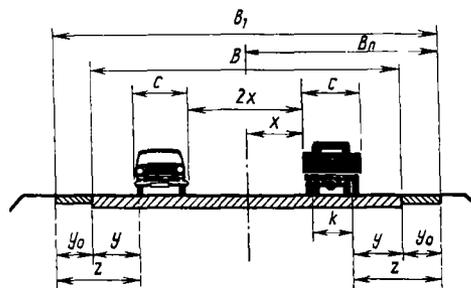


Рис. 6.6. Расчетная схема для определения ширины укрепленной поверхности при встречном движении:

$B_1$  – ширина укрепленной поверхности;  $B_n$  – ширина психологического коридора

Таблица 6.2

Расчетная схема	Расчетные формулы	Границы применения по интенсивности движения, физич. авт./сут		
		летом	в переходные периоды	зимой
1. Свободное движение одиночного автомобиля	$K_{p.c} = 0,416 (B_{1\phi} - 3,1);$ $v_{\phi max} = 50 (B_{1\phi} - 3,1)$	< 700	< 600	< 500
2. Движение в частично связанном потоке на двухполосной проезжей части при интенсивности, авт./сут:				
а) 500–1500	$K_{p.c} = 0,333 (B_{1\phi} - 4);$ $v_{\phi max} = 40 (B_{1\phi} - 4)$	700–1500	600–1200	500–1000
б) 1500–4200	$K_{p.c} = 0,278 (B_{1\phi} - 4);$ $v_{\phi max} = 33,3 (B_{1\phi} - 4)$	1500–4200	1200–3600	1000–3000
3. Движение при интенсивном встречном потоке на двухполосной проезжей части	$K_{p.c} = 0,22 (B_{1\phi} - 4);$ $v_{\phi max} = 26,4 (B_{1\phi} - 4)$	> 4200	> 3600	> 3000
4. Движение на трехполосной проезжей части:				
а) при полной разметке	$K_{p.c} = 0,21 (B_{1\phi} - 7,3);$ $v_{\phi max} = 25 (B_{1\phi} - 7,3)$	> 6000	> 6000	> 5000
б) при отсутствии разметки	$K_{p.c} = 0,194 (B_{1\phi} - 8,5);$ $v_{\phi max} = 23,3 (B_{1\phi} - 8,5)$	> 7000	> 6000	> 6000
5. Движение на проезжей части одного направления четырехполосной автомобильной магистрали с разделительной полосой, м:				
а) более 5	$K_{p.c} = 0,245 (B_{1\phi} - 4,1);$ $v_{\phi max} = 29,4 (B_{1\phi} - 4,1)$	< 15000	< 12000	< 12000
б) до 5	$K_{p.c} = 0,203 (B_{1\phi} - 4,1);$ $v_{\phi max} = 24,4 (B_{1\phi} - 4,1)$	< 12000	< 10000	< 10000

жению психологического коридора. Вместе с этим снижается и скорость в зависимости от интенсивности движения. С учетом этих факторов предложены расчетные формулы для определения максимальной скорости и коэффициента обеспеченности базовой расчетной скорости:

$$v_{\phi max} = K_1 (B_{1\phi} - B_n); \quad (6.32)$$

$$K_{p.c.v.} = K_2 (B_{1\phi} - B_n), \quad (6.33)$$

где  $K_1$  и  $K_2$  – коэффициенты, учитывающие интенсивность и расчетную схему движения;  $B_n$  – минимальная ширина психологического коридора для различных расчетных схем, м.

Расчетные формулы, значения  $K_1$ ,  $K_2$  и  $B_n$ , а также пределы их применимости приведены в табл. 6.2.

Для определения обеспеченной скорости необходимо иметь данные

о фактически используемой ширине укрепленной поверхности дороги  $B_{1\phi}$ , т.е. ширине чистой проезжей части и краевых укрепленных полос. При отсутствии данных непосредственных измерений она может быть вычислена по формуле (4.10). Ширину полос загрязнения  $b_z$  принимают по табл. 6.3.

*Влияние ширины и типа укрепления обочины на скорость до определенной степени соизмеримо с влиянием ширины укрепленной поверхности дороги. Однако расчетных формул для оценки этого влияния нет. Установлено, что наибольшее влияние оказывает вид и состояние обочины шириной до 1,5 м от кромки проезжей части [3, 5].* Обработка экспериментальных наблюдений позволила получить зависимость  $K_{p.c}$  от ширины обочин (рис. 6.7).

Влияние состава транспортного потока на коэффициент обеспеченности расчетной скорости объясняется тем, что поток автомобилей, движущихся по соседней полосе, оказывает психологическое воздействие на водителя не только как боковая помеха, что учитывается при оценке ширины укрепленной поверхности. Вместе с боковыми помехами возникают помехи и на полосе движущегося автомобиля (продольные помехи) за счет автомобилей, выходящих на обгон из встречного потока. Известно, что число обгонов возрастает с увеличением интенсивности и особенно разнородности транспортного потока.

Влияние состава и интенсивности транспортного потока на продольные помехи для движения учитывают введением поправки

$$\Delta K_{p,c} = \Psi \alpha \beta N / 120, \quad (6.34)$$

где  $\Psi$  – коэффициент, учитывающий движение по встречной полосе, а для многополосных дорог – по соседней полосе (для двухполосных дорог – 0,7–0,9, многополосных – 0,8–0,9).

Совместное влияние ширины укрепленной поверхности, интенсивности и состава движения

$$K_{p,c \text{ в} N} = K_{p,c \text{ в}} - \Delta K_{p,c}. \quad (6.35)$$

Влияние продольного уклона на обеспеченность расчетной скорости оценивают для наиболее характерного (расчетного) состояния покрытия в зимний и осенне-весенний периоды, каждое из которых характеризуется коэффициентами сопротивления качению и сцепления.

Различают три расчетные схемы при оценке влияния продольного уклона: а) возможная скорость на подъеме по динамическим характеристикам автомобиля; б) то же по соотношению сил сцепления и со-

Таблица 6.3

Вид укрепления обочины	$b_{\text{згр}}$ , м, в зимний период			$b$ , м, в осенне-весенний период	
	на прямых участках и на кривых в плане радиусом более 600 м при высоте насыпи больше $H_n$	на кривых в плане радиусом 200–600 м при высоте насыпи больше $H_n$	на снеготаносимых участках, на участках с ограждениями, направляющими столбиками, тумбами, парапетами	на прямых участках и на кривых в плане радиусом более 200 м	на кривых в плане радиусом 200 м и на участках с ограждениями, направляющими столбиками, тумбами, парапетами
Слой щебня или гравия	0,2 – 0,4	0,3 – 0,50	0,3 – 0,5	0,1 – 0,3	0,1 – 0,3
	0,4 – 0,5	0,5 – 1,0	0,6 – 1,2	0,2 – 0,4	0,3 – 0,5
Засев трав	0,2 – 0,75	0,3 – 0,50	0,3 – 0,5	0,1 – 0,3	0,1 – 0,3
	0,4 – 1,0	0,6 – 1,2	1,2 – 1,8	0,4 – 0,6	0,5 – 1,0
Обочины не укреплены	0,2 – 0,75	0,4 – 0,6	0,4 – 0,6	0,1 – 0,5	0,1 – 0,5
	0,4 – 1,0	1,2 – 1,8	1,2 – 2,0	0,6 – 0,8	1,0 – 1,5
Бордюры высотой, $h$ , м	$(3 \div 8) h$	$(3 \div 8) h$	$(3 \div 8) h$	$3 h$	$3 h$
	$(6 \div 12) h$	$(6 \div 12) h$	$(6 \div 12) h$	$6 h$	$6 h$

Примечания. 1. В числителе – для дорог I и II категорий, в знаменателе – для III и IV категорий.

2. Ширина полосы загрождения зависит от оснащения дорожных организаций машинами для содержания дорог. При оснащении, равном 100 % нормативной потребности, ширину полосы загрождения принимают минимальной, при 60–70 % оснащения принимают средние значения, а при оснащении менее 50 % – максимальные.

3. При устройстве на обочинах покрытия шириной более 1,5 м из асфальто-, цементобетона или из материалов, обработанных вяжущими, сокращение ширины укрепленной поверхности не происходит.

4.  $H_n$  – толщина снежного покрова.

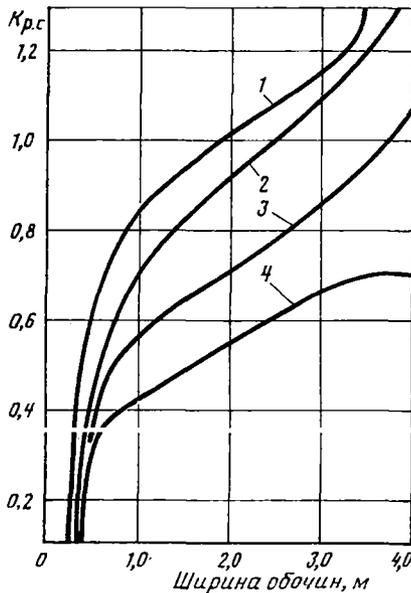


Рис. 6.7. Влияние ширины и типа укрепления обочин на коэффициент обеспеченности расчетной скорости:

1 — обочина укреплена цементобетоном, асфальтобетоном или каменными материалами, обработанными вяжущими; 2 — обочина, укрепленная слоем щебня или гравия; 3 — то же засевом трав; 4 — обочина не укреплена

ротивления движению; в) скорость, допустимая на спуске по условиям безопасности в зависимости от видимости поверхности дороги и коэффициента сцепления.

Максимальная скорость автомобиля на горизонтальном участке и на подъеме может быть определена по динамической характеристике автомобиля (рис. 6.8) из условия

$$D = i + f_v \quad (6.36)$$

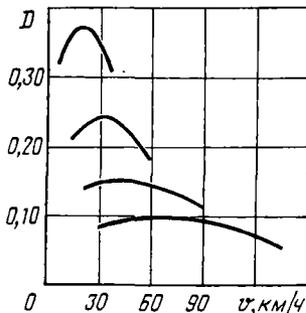


Рис. 6.8. График динамических характеристик автомобиля ГАЗ-24 «Волга». Кривые сверху вниз — соответственно I, II, III и IV передачи

Сложность заключается в необходимости учитывать изменение сопротивления качению с увеличением скорости. Поэтому задачу решают итерационным методом.

**Пример.** Определить  $K_{p.c}$  при движении на подъеме с уклоном  $30\text{‰}$  на участке дороги II категории с асфальтобетонным покрытием. Сопротивление качению при скорости 20 км/ч составляет 0,01; 0,02 и 0,03 соответственно для сухого состояния летом, мокрого осенью и покрытого рыхлым снегом толщиной 10 мм зимой. Начинаем расчет суммы дорожных сопротивлений исходя из расчетной скорости для дорог II категории, равной 120 км/ч. Сопротивление качению при этой скорости для летних условий

$$f_v = f_{20} + K_f(v_p - 20) = 0,01 + 0,00025(120 - 20) = 0,035.$$

Соответственно для осени и зимы будет 0,045 и 0,055.

Требуемый динамический фактор для летних условий

$$D = i + f_v = 0,030 + 0,035 = 0,065.$$

Откладывая это значение на графике динамической характеристики (см. рис. 6.8), находим, что ей соответствует скорость 120 км/ч.

Коэффициент обеспеченности расчетной скорости

$$K_{p.c} = 120/120 = 1,0.$$

Для осенне-весеннего периода при скорости 120 км/ч требуемый динамический фактор  $D = 0,075$ . Откладывая эту цифру на графике динамической характеристики, получим соответствующую ей скорость, равную 110 км/ч, а  $K_{p.c} = 0,92$ . Для зимнего периода требуемый динамический фактор составит 0,085. Соответствующая ему скорость равна 85 км/ч, т. е. значительно меньше, чем принята в расчете. Зададимся скоростью 95 км/ч и проверим требуемый  $D$ , повторив расчет,

$$f_v = 0,03 + 0,00025(95 - 20) = 0,051,$$

требуемый динамический фактор

$$D = 0,03 + 0,051 = 0,081.$$

Ему соответствует скорость около 98 км/ч, т. е. разница между предполагаемой и фактической менее 5%.

$$K_{p.c} = 98/120 = 0,82.$$

Аналогично можно определить максимальную скорость при движении на подъеме для различных состояний покрытия из уравнения мощностного баланса автомобиля, решая его относительно скорости.

Однако скорость, получаемая по тяговой характеристике или мощностному балансу двигателя, далеко не всегда может быть реализована из-за соотношения сил сопротивления качению и сил сцепления осо-

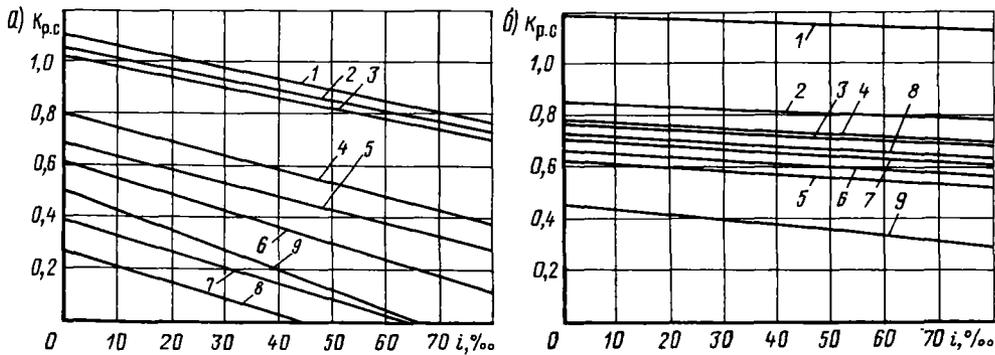


Рис. 6.9. Зависимость коэффициента обеспеченности расчетной скорости от продольного уклона и состояния покрытия:  
 а – движение на подъем; б – то же на спуск с видимостью 200 м; 1 – сухое чистое; 2 – мокрое чистое; 3 – мокрое загрязненное; 4 – уплотненный снег; 5 – слой рыхлого снега до 10 мм; 6 – то же 10–20 мм; 7 – то же 20–40 мм; 8 – то же 40–60 мм; 9 – гололед

бенно при движении на подъем. Скорость, возможную по этим условиям, определяют по формуле (3.17). Затем из скоростей, полученных по тяговым характеристикам автомобиля, и из соотношения сил сопротивления качению и сцепления выбирают меньшее значение и принимают в расчет. Зависимость  $K_{p.c}$  от продольного уклона приведена на рис. 6.9, а. Анализ расчетов показывает, что при движении по заснеженному или обледенелому покрытию скорость чаще ограничена не тяговыми характеристиками автомобиля, а именно соотношением сцепных качеств и сопротивления качению. Максимальная допустимая скорость автомобиля на спуске может быть определена из формулы видимости поверхности дороги при внезапном торможении

$$S = vt/3,6 + K_3 v^2 / 254 (\varphi \pm f \pm i) + l_0, \quad (6.37)$$

где  $v$  – начальная скорость автомобиля, км/ч;  $K_3$  – коэффициент эксплуатационного состояния тормозов (для легковых автомобилей – 1,2, для грузовых – 1,3–1,4, при скорости более 90–100 км/ч принимают 2,4);  $t$  – время реакции водителя, с (равно 1);  $l_0$  – расстояние безопасности перед препятствием, м (5–10).

Из этого уравнения для принятой видимости определяют максимально допустимую скорость на спуске. В уравнение входят два основных

показателя, характеризующих условия движения: видимость и коэффициент сцепления, что позволяет определять их совместное воздействие при различных сочетаниях. Сложность точного решения заключается в том, что коэффициенты сцепления и сопротивления качению, входящие в формулу, изменяются с изменением скорости. Поэтому точное решение можно получить методом итерации. Результаты такого расчета при видимости поверхности дороги 200 м приведены на рис. 6.9, б. Анализ полученных результатов показывает, что высокую скорость на спуске можно обеспечить только на сухом чистом покрытии.

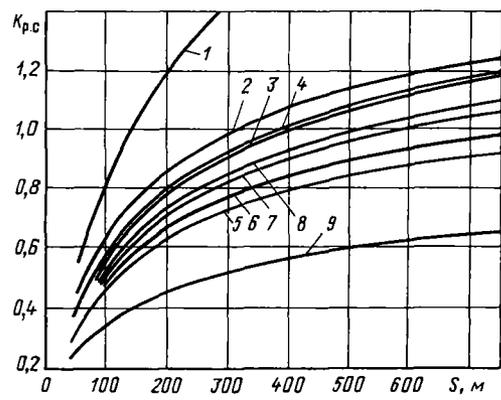


Рис. 6.10. Зависимость коэффициента обеспеченности расчетной скорости от расстояния видимости поверхности дороги S и состояния покрытия (обозначения см. рис. 6.9)

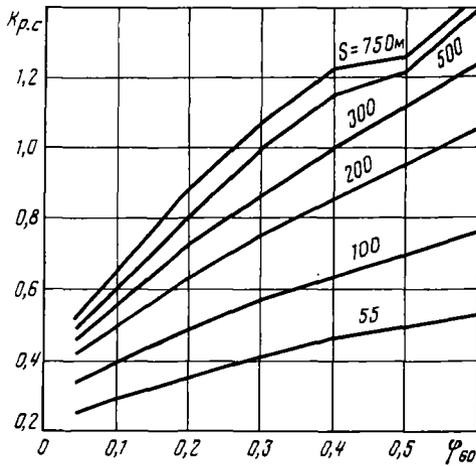


Рис. 6.11. Зависимость коэффициента обеспеченности расчетной скорости от сцепных качеств покрытия (цифры на кривых – расстояния видимости поверхности дороги)

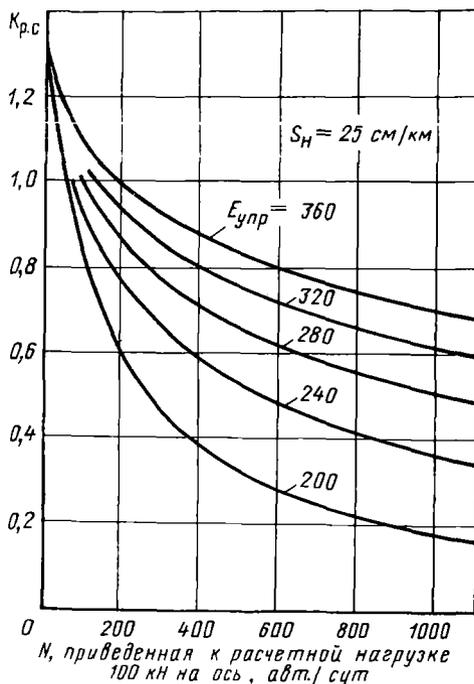


Рис. 6.12. Зависимость коэффициента обеспеченности расчетной скорости от прочности дорожной одежды и интенсивности движения при начальной ровности  $S_n = 25$  см/км по толчкомеру

Влияние видимости поверхности дороги оценивают по тому же принципу, как и оценку скорости на спуске, решая уравнение (6.37) для горизонтального участка дороги при различных состояниях (рис. 6.10).

Влияние радиуса вертикальных выпуклых кривых оценивают также исходя из необходимого тормозного пути перед препятствием

$$v_{\text{вып}} = 3,6 \sqrt{19,6 \varphi R_{\text{вып}} / K_3}, \quad (6.38)$$

где  $R_{\text{вып}}$  – радиус вертикальной выпуклой кривой, м.

На кривых в плане максимальная обеспеченная скорость с учетом состояния покрытия и уклона выража (км/ч)

$$v = \sqrt{127R(\varphi_2 \pm i_e)}, \quad (6.39)$$

где  $R$  – радиус кривой, м;  $\varphi_2$  – коэффициент поперечного сцепления [(0,6 ÷ 0,8)  $\varphi$ ];  $i_e$  – уклон виража, тысячные доли.

Поскольку сцепление зависит от скорости движения, решение этого уравнения выполняют итерационным методом.

Влияние коэффициента сцепления на обеспеченную скорость оценивают, решая уравнение (6.37) относительно скорости при принятом значении видимости и коэффициента сцепления (рис. 6.11).

Влияние ровности на максимальную скорость определяют в случае измерения ровности  $S_c$  (см/км) установкой ПКРС по формуле [3]

$$v_{\text{max}} = 7500 / (\sqrt{S_c} + 0,15S_c). \quad (6.40)$$

При измерении ровности толчкомером максимальную скорость определяют по формуле проф. В. М. Сиденко

$$v_{\text{max}} = 850 / \sqrt{S_c}. \quad (6.41)$$

Влияние прочности дорожной одежды на обеспеченную скорость оценивают исходя из зависимости динамики изменения ровности покрытия в процессе эксплуатации от начальной ровности в момент сдачи дороги в эксплуатацию и от прочности дорожной одежды (рис. 6.12).

Указанные зависимости, установленные канд. техн. наук М. С. Коганзоном, дают возможность получить значения обеспеченной скорости на основании требуемой и фактической прочности, коэффициента запаса прочности дорожной одежды и срока ее службы.

#### 6.4. Влияние климатических факторов на скорость

Условия движения на дорогах в период неблагоприятных метеорологических факторов значительно сложнее, чем в летний период при сухом чистом покрытии и обочинах.

Чем выше категория дороги, интенсивность и скорость, тем ощутимее влияние погодно-климатических факторов на режим движения.

Из числа климатических и метеорологических факторов более всего влияют осадки в виде дождя, сухого или влажного снега, смешанные снегодождевые осадки, метель, ветер, иней, гололед, температура и влажность воздуха, туман, солнечная радиация. Большое значение имеет интенсивность каждого из них и совместное воздействие нескольких неблагоприятных факторов.

Метеорологическая дальность видимости относится к факторам, воздействующим на режим движения через водителя, однако степень ее влияния во многом зависит от состояния дороги и прежде всего сцепных качеств. Механизм воздействия метеорологической дальности видимости на режим движения автомо-

биля с некоторым допущением может быть принят аналогичным механизму влияния геометрической видимости на дороге.

Из формулы (6.37) определяют степень опасности метеорологических факторов, ограничивающих только видимость, без влияния на коэффициент сцепления явлений, ограничивающих видимость и снижающих сцепные качества покрытий. К первым относят дымку, мглу, дымные гари, пыльные бури; ко вторым – туман, дождь, снег, метель. На рис. 6.13 приведены показатели влияния метеорологической видимости при различных состояниях проезжей части на обеспеченность расчетной скорости. Сравнение расчетных данных с наблюдаемыми показывает, что водители выбирают более осторожные режимы движения в условиях пониженной метеорологической видимости по сравнению с теоретически безопасным и не развивают предельных скоростей в этих условиях.

Серьезную опасность может представлять ветер большой скорости. Боковой ветер стремится сместить автомобиль с полосы движения, и водитель вынужден непрерывно выравнивать траекторию автомобиля. Под влиянием бокового ветра и увода колес автомобиля траектория может внезапно измениться, что приведет к аварийной обстановке. Особенно опасны порывы, на которые водитель не успевает среагировать. Воздействие ветра ощущается тем сильнее, чем выше скорость автомобиля и больше его боковая повер-

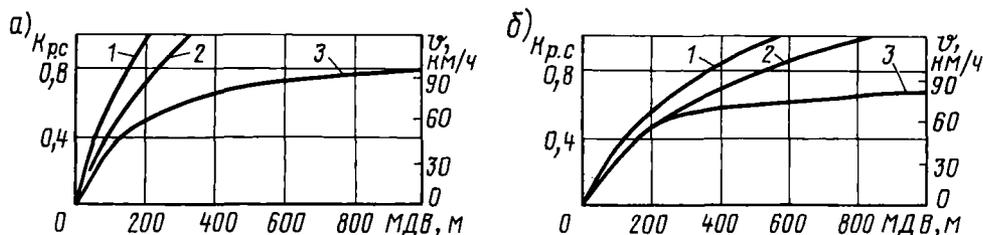


Рис. 6.13. Зависимость коэффициента обеспеченности расчетной скорости от метеорологической видимости:

а – по схеме торможения одиночного автомобиля; б – то же встречных автомобилей; 1, 2 – коэффициенты сцепления 0,5 и 0,3; 3 – по данным наблюдений при  $\phi = 0,4 \div 0,5$

ность. Боковое отклонение автомобиля от заданной траектории в значительной степени зависит от реакции водителя и типа автомобиля (расположение центра его масс и центра давления на боковую поверхность). На кривых в плане боковое давление ветра при совпадении по направлению с действием центробежной силы может привести к боковому скольжению или опрокидыванию автомобиля.

К ветроопасным относят участки в открытой (не защищенной лесом) местности, проходящие по водоразделам, возвышенностям, в насыпях, полунасыпях-полувыемках, в нулевых отметках и выемках глубиной до 1,5 м, на подходах к мостам и путепроводам, на самих мостах, путепроводах и эстакадах, на входах и выходах из глубоких выемок, населенных пунктов и лесных массивов.

За критерий ограничения скорости на прямых участках принимают предельно допустимое отклонение траектории автомобиля по условиям приближения его к границе своей полосы движения  $Y_{в. доп}$ , которая для двухполосной дороги [3, 5]

$$Y_{в. доп} = B_1 \phi / 4 - e, \quad (6.42)$$

где  $e$  — допустимое приближение внешнего колеса автомобиля к границе полосы движения, м (принимают 0,2–0,3).

Для расчета возможного отклонения автомобиля определяют расчетную скорость ветра  $v_b$  (м/с)

$$v_b = K_1 K_2 K_3 v_{фл}, \quad (6.43)$$

где  $K_1$  — коэффициент, учитывающий положение дороги на местности (от 0,6 до

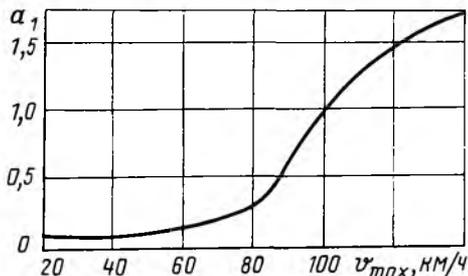


Рис. 6.14. Значения коэффициента  $a_1$ , учитывающего скорость автомобиля

1,2);  $K_2$  — коэффициент перехода от показаний флюгера (на метеостанциях) к высоте центра боковой поверхности автомобиля:

Высота центра боковой поверхности автомобиля над дорогой, м.	0	2	4	6	8	10
$K_2$	0,20	0,2	0,25	0,9	0,95	1,0

$K_3$  — коэффициент, учитывающий порывистость ветра (1,7 для порывистого и 1,9 для крайне порывистого);  $v_{фл}$  — скорость ветра по флюгеру на высоте 10 м повторяемость один раз в год, м/с (по данным ближайшей метеостанции или по картам зонирования расчетного ветра).

Высота центра боковой поверхности (метacentра) легкового автомобиля над дорогой

$$h = h_n + 0,75, \quad (6.44)$$

где  $h_n$  — высота насыпи, м.

Показатель  $a_2$  принимают в зависимости от расчетной скорости ветра:

$v_b$ на уровне метacentра, м/с	10	20	30	40	50
$a_2$ для легковых автомобилей с передним расположением двигателя	0,3	0,55	0,65	0,75	0,80
То же, с задним расположением	0,6	1,0	1,25	1,51	1,56

Затем вычисляют коэффициент  $a_1$ , учитывающий безопасную скорость автомобиля при различной скорости ветра и реакции водителя на порыв ветра,

$$a_1 = Y_{в. доп} / a_2 v^3. \quad (6.45)$$

Откладывая на графике (рис. 6.14) значение  $a_1$ , определяют максимальную допустимую скорость автомобиля на ветроопасном участке. Коэффициент обеспеченности расчетной скорости зависит от скорости ветра (рис. 6.15).

Для кривых в плане, расположенных на ветроопасных участках, максимальная допустимая скорость

$$v_{max} = \sqrt{127 R (\varphi_2 \pm i_b - q_b)}, \quad (6.46)$$

где  $q_b$  — коэффициент бокового давления ветра (табл. 6.4).

Расчеты показывают, что при движении по сухим покрытиям влияние ветра мало ощутимо. Для влажных покрытий оно заметно на кривых малого радиуса (рис. 6.16). Но если имеется снег или гололед на покрытии, порывы ветра могут способствовать боковым заносам автомобиля на кривых в плане.

По влиянию интенсивности метеорологических факторов на скорость автомобилей по эталонной дороге можно выделить три характерных интервала: малоопасный ( $K_{p.c} = 1,0 \div 0,75$ ), опасный ( $K_{p.c} = 0,75 \div 0,5$ ) и очень опасный ( $K_{p.c} \leq 0,5$ ), которым соответствуют нормальные, трудные и очень трудные условия движения. Значения интенсивности различных метеорологических факторов, соответствующих этим интервалам, приведены в табл. 6.5.

Наибольшие трудности представляют гололед, метель, осадки в виде дождя и снега, туман и ветер. В такой последовательности они могут быть расположены по степени их воздействия на условия движения. Гололед всегда относится к особо опасным явлениям, поскольку коэффициент сцепления для шины с протектором при этом всегда меньше 0,15. Коэффициент сцепления у гладких покрытий в сухом состоянии равен 0,5–0,6, а при образовании связной пленки воды он становится

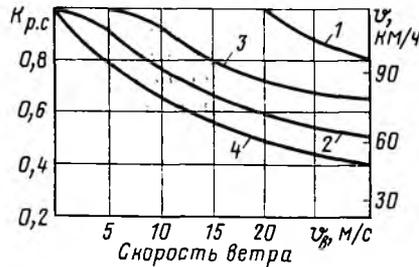


Рис. 6.15. Зависимость коэффициента обеспеченности расчетной скорости от скорости ветра:

1, 2 – для легковых автомобилей с передним расположением двигателя при реакции 1 и 1,5 с; 3, 4 – для автомобилей с задним расположением двигателя

Таблица 6.4

Модель автомобиля	$q_n$ при скорости ветра $v_w$ на уровне метacentра автомобиля, м/с			
	20	30	40	50
ГАЗ-24, ВАЗ-2103, «Москвич-412»	0,010	0,022	0,040	0,063
ЗАЗ-966, РАФ-977Д	0,013	0,029	0,053	0,081
КамАЗ-53212	0,011	0,024	0,042	0,066

менее 0,3, т.е. для таких покрытий опасно влагосодержание воздуха 90–100 %; очень опасен дождь интенсивностью 0,2 мм/мин, при котором появляется пленка воды толщиной

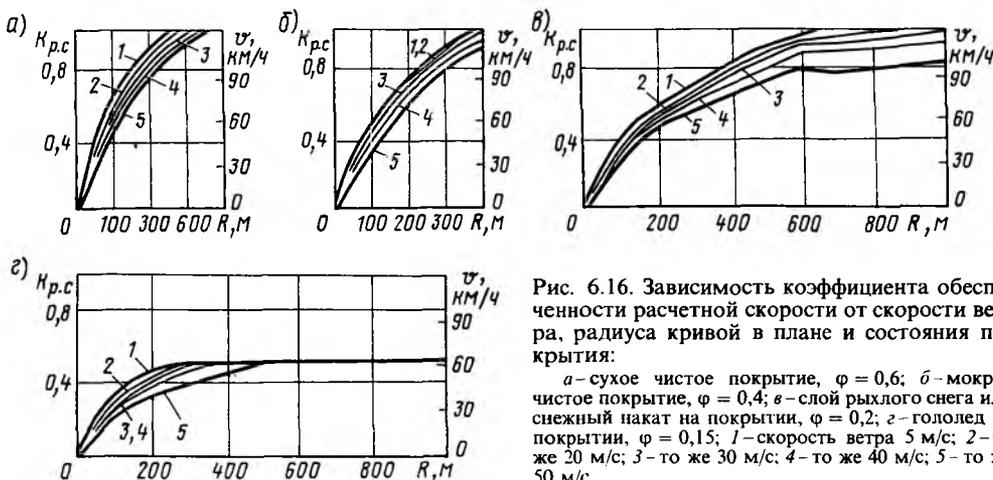


Рис. 6.16. Зависимость коэффициента обеспеченности расчетной скорости от скорости ветра, радиуса кривой в плане и состояния покрытия:

а – сухое чистое покрытие,  $\phi = 0,6$ ; б – мокрое чистое покрытие,  $\phi = 0,4$ ; в – слой рыхлого снега или снежный накат на покрытии,  $\phi = 0,2$ ; г – гололед на покрытии,  $\phi = 0,15$ ; 1 – скорость ветра 5 м/с; 2 – то же 20 м/с; 3 – то же 30 м/с; 4 – то же 40 м/с; 5 – то же 50 м/с

Таблица 6.5

Метеорологические факторы и их характеристика	Интенсивность метеорологических факторов, соответствующая интервалам		
	малоопасным	опасным	очень опасным
Метель, скорость ветра, м/с	0-3	3-9	> 9
Коэффициент сцепления при гололеде, снежном накате	-	0,3-0,15	< 0,15
Осадки, мм/ч:			
дождь	-	< 1,2	> 1,2
снегопад	-	< 0,1	> 0,1
Туман, метеорологическая видимость, м	750-500	500-200	< 200
Ветер, м/с	0-10	10-20	> 20
Температура воздуха, °С:			
положительная	0-30	30-40	> 40
отрицательная	10-30	0-10; 30-40	< 40
Относительная влажность воздуха, %	50-90	90-100	-

2 мм, а коэффициент сцепления снижается до 0,2. Для шероховатого покрытия связанная пленка малоопасна. Опасен дождь интенсивностью 0,3 мм/мин, при котором образуется слой воды толщиной 4 мм, а коэффициент сцепления резко снижается. Учитывая износ шероховатости в процессе эксплуатации, возможность образования пленки толще 4 мм из-за неровностей покрытия, все дожди с интенсивностью более 0,2 мм/мин целесообразно считать очень опасными.

Отложения снега на поверхности дороги опасны при температуре воздуха выше  $-10^{\circ}\text{C}$  и при интенсивности движения более 100 авт./ч. В этих условиях быстро образуется снежный накат и гололед. При температуре воздуха ниже  $-20^{\circ}\text{C}$  снег уплотняется медленнее и легче удаляется с поверхности.

Анализируя вероятность появления опасных и особо опасных метеорологических факторов, необходимо отметить, что наиболее неблагоприятен зимний период, когда трудные или очень трудные условия могут сложиться под влиянием семи метеорологических факторов (метель, гололед, снегопад, туман, ветер, низкая температура и высокая относительная влажность воздуха) и их сочетаний. Весной и осенью такие условия могут быть под влиянием шести метеорологических факторов

(гололед, дождь, туман, ветер, отрицательная температура воздуха и высокая влажность). Летом только четыре метеорологических фактора и их сочетания могут создать трудные и очень трудные условия движения (дождь, туман, ветер, высокая температура воздуха).

### 6.5. Пропускная способность и уровни загрузки дороги движением по периодам года

Методы определения пропускной способности и уровня загрузки дороги движением основаны на закономерностях, описывающих связи между тремя характеристиками транспортного потока: интенсивностью  $N$ , плотностью движения  $q$ , т. е. числом автомобилей на единицу длины полосы движения, скоростью  $v$ :

$$N = qv. \quad (6.47)$$

Графическое изображение этой зависимости называют основной диаграммой транспортного потока. Она обладает рядом свойств, которые широко используют при организации и регулировании движения (см. пп. 14.3 и 14.4). Различают теоретическую максимальную и практическую пропускную способность.

Теоретическая максимальная пропускная способность  $P_{\max}$  — пропускная способность эталонного гори-

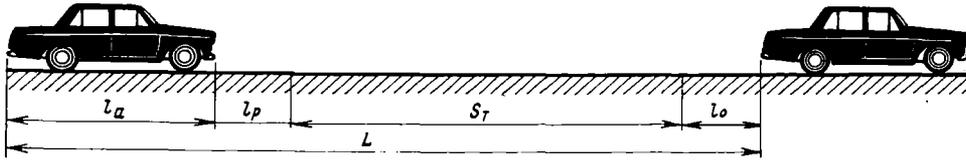


Рис. 6.17. Схема к определению динамического габарита автомобиля

зонтального участка с сухим шероховатым покрытием, определяемая расчетом по формулам динамической теории транспортных потоков для колонного движения однотипных легковых автомобилей.

Теоретическая пропускная способность

$$P_{\max} = 1000 v/L \quad (6.48)$$

или

$$P_{\max} = 3600/t, \quad (6.49)$$

где  $v$  – скорость, км/ч;  $L$  – динамический габарит автомобиля, м;  $t$  – интервал между проходами автомобилей, с.

Следует иметь в виду, что в динамический габарит входит расстояние между автомобилями и длина самого автомобиля (рис. 6.17):

$$L = l_p + S_T + l_a + l_o, \quad (6.50)$$

где  $l_p$  – путь, проходимый автомобилем за время реакции водителя, м;  $S_T$  – тормозной путь, м;  $l_a$  – длина автомобиля, м;  $l_o$  – зазор безопасности до впереди следующего автомобиля, м.

После подстановки этих значений в формулу (6.49) получим

$$P_{\max} = \frac{1000 v}{\frac{v}{3,6} + \frac{K_s v^2}{254 (\varphi \pm i + f)} + l_a + l_o}. \quad (6.51)$$

*Практическая пропускная способность*  $P$  – наибольшее число автомобилей, которое может быть пропущено участком в реальных дорожных и погодно-климатических условиях. Для ее вычисления проф. В. В. Сильянов предложил формулу [16]

$$P = B P_{\max}, \quad (6.52)$$

где  $B$  – итоговый коэффициент снижения пропускной способности (вычисля-

ется как произведение 15 частных коэффициентов, учитывающих различные параметры и характеристики дорожных условий).

Пропускная способность – функция скорости движения и допустимого расстояния между автомобилями, которые связаны с состоянием дорог и погодными условиями.

Многочисленными исследованиями установлено, что оптимальная скорость транспортного потока, соответствующая максимальной пропускной способности, колеблется от 40 до 50 км/ч [8, 16, 21].

При дальнейшем увеличении плотности значительно возрастают взаимные помехи между автомобилями, уменьшается скорость и интенсивность движения. Абсолютная пропускная способность полосы движения при интервалах между автомобилями  $t = 1$  с может достигать 3600 авт./ч. Однако ее реализация практически невозможна. Поэтому в СССР для реальных условий исходят из следующих значений пропускной способности: для двухполосных дорог – 2000 авт./ч в обоих направлениях; для трехполосных – 4000 авт./ч в обоих направлениях; для многополосных автомобильных магистралей – 1250 авт./ч для крайней правой полосы, 1800 авт./ч для крайней левой и 1500–1700 авт./ч для средних полос.

Пропускная способность заметно снижается в неблагоприятные для движения осенне-весенний и зимний периоды, особенно в периоды неблагоприятных погодно-климатических факторов: во время дождей, снегопадов, гололеда, тумана и др. В этих условиях чаще всего возникают заторы на участках с высокой интенсивностью движения, когда требуе-

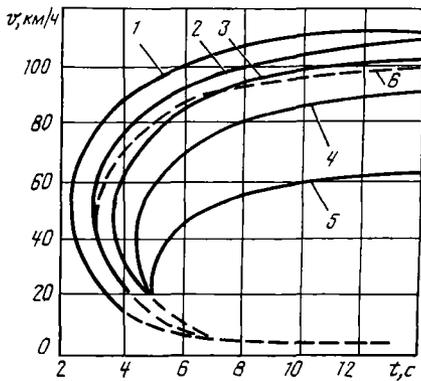


Рис. 6.18. Зависимость размера часто повторяющихся интервалов в пачках автомобилей от скорости и состояния покрытия:

1 — шероховатое сухое; 2 — то же мокрое; 3 — частичный гололед; 4 — снежный накат; 5 — гололед; 6 — сырая грязь

мые по безопасности интервалы между автомобилями существенно превышают оптимальные по пропускной способности.

Исследованиями [4] установлено весьма важное положение — связность транспортного потока, т.е. взаимное влияние автомобилей, не является постоянной. Она существенно зависит от состояния покрытия и погоды. На сухом шероховатом покрытии взаимное влияние автомобилей начинает ощущаться, когда интервалы меньше 10 с, т.е. интенсивность больше 360 авт./ч; на мокром шероховатом покрытии — интервалы короче 11 с; на снежном накате взаимное влияние заметно, если ин-

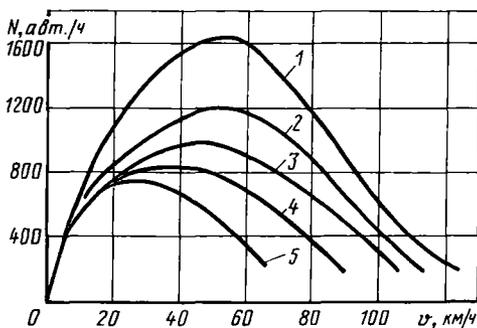


Рис. 6.19. Зависимость пропускной способности от скорости при разных состояниях покрытия:

1 — шероховатое сухое; 2 — то же мокрое; 3 — частично покрытое льдом; 4 — снежный накат; 5 — гололед

тервалы меньше 15 с, т.е. интенсивность более 240 авт./ч; во время гололеда — уже с интервалов, не превышающих 20 с, т.е. при интенсивности больше 180 авт./ч (рис. 6.18). Соответственно изменяется скорость и пропускная способность (рис. 6.19). Поэтому пропускную способность необходимо определять для осенне-весеннего и зимнего периодов (авт./ч)

$$P_{\text{сез}} = \Psi \alpha \bar{v}_{\text{св}} q_{\text{max}}, \quad (6.53)$$

где  $\Psi$  — коэффициент, учитывающий движение по встречной полосе, а для многополосных дорог — по соседней полосе (см. п. 6.5);  $\alpha$  — коэффициент, зависящий от дорожных и метеорологических условий;  $\bar{v}_{\text{св}}$  — средняя скорость свободного движения автомобилей в реальных дорожных и метеорологических условиях, км/ч [см. формулу (6.21)];  $q_{\text{max}}$  — максимальная плотность потока, авт./км (принимают 85–90 авт./км).

При скорости  $\bar{v}_{\text{св}}$  выше 55–60 км/ч пропускную способность не рассчитывают, а принимают для двухполосных дорог 1200 авт./ч на одну полосу, для крайней правой полосы автомобильных магистралей — 1250 авт./ч, 1800 авт./ч для крайней левой и 1500–1700 авт./ч для средних полос.

Значения коэффициента  $\alpha$ :

$$\alpha = 0,65 - 0,00425 v_{\phi \text{max}}, \quad (6.54)$$

где  $v_{\phi \text{max}}$  — максимальная скорость при фактическом (расчетном) состоянии дороги и метеорологических условий.

Уровень загрузки в расчетный период года

$$Z = N_{\text{сез}}^n / P_{\text{сез}} n, \quad (6.55)$$

где  $N_{\text{сез}}^n$  — интенсивность движения в расчетный период, приведенная к легковому автомобилю, авт./ч.

$$N_{\text{сез}}^n = N_{\text{сез}} \gamma_{\text{ср.вз}} \text{ или } N_{\text{сез}}^n = n_1 \gamma_1 + n_2 \gamma_2 + \dots + n_i \gamma_i, \quad (6.56)$$

где  $n$  — число полос движения;  $N_{\text{сез}}$  — сезонная интенсивность движения в реальных автомобилях, авт./ч;  $\gamma_{\text{ср.вз}}$  — средне-взвешенный коэффициент приведения;  $n_1, n_2, \dots, n_i$  — число автомобилей различных типов в составе потока;  $\gamma_1, \gamma_2, \dots, \gamma_i$  — коэффициенты приведения различных типов автомобилей к расчетному легковому (принимают в соответствии со СНиП 2.05.02-85).

Таблица 6.6

Уровень удобства	Z	Максимальная интенсивность движения по двум полосам, авт./ч			ψ	Состояние потока
		летом	в переходные периоды	зимой		
А	< 0,2	430	360	310	0,9	Свободный
Б	0,2–0,45	430–850	360–720	310–620	0,8	Частично связанный
В	0,45–0,70	860–1260	720–1050	620–890	0,75	Связанный
Г-а	0,7–1,0	1260–1680	1050–1400	890–1190	0,7	Насыщенный
Г-б	0–1,0	0–1680	0–1400	0–1190	0,7	Плотно насыщенный

Когда известна только среднегодовая интенсивность, можно воспользоваться осредненными значениями коэффициентов сезонных колебаний интенсивности движения [3, 5]:

Период года	$K_{сез}^n$			
	летний	осенний	зимний	весенний
Дороги I и II категорий	1,0	1,1–1,4	0,7–1,0	0,8–0,9
Дороги III–V категорий	1,0	1,2	1,0	0,8

Тогда уровень загрузки в расчетный период

$$Z = K_{сез}^n N_{ср. год} / P_{сез} n. \quad (6.57)$$

В связи с тем что пропускная способность дорог при неблагоприятной погоде значительно меньше, чем в эталонных условиях, уровень загрузки движением и состояние транспортного потока при одной и той же фактической интенсивности в различные периоды года может значительно колебаться (табл. 6.6).

Однако даже при самом неблагоприятном составе транспортного потока в обычных условиях на дорогах III–V категорий, построенных в соответствии со СНиП II-Д.5-72 и 2.05.02-85, уровень загрузки не будет превышать рекомендуемых значений и нет необходимости его оценивать. Исключение составляют участки дорог в горной местности без укрепленных краевых полос, на которых в зимний и весенне-осенний периоды уровень загрузки может превысить расчетный. Что касается дорог I и II категорий, то проверка их пропускной способности и уровней загрузки обя-

зательна. В первую очередь эта проверка должна выполняться для условий работы дорог в зимний и переходные периоды. Особое внимание необходимо уделять оценке пропускной способности на участках вблизи подходов к городам на расстоянии от 30 до 70 км, которые обычно перегружены. На дорогах с высокой интенсивностью движения целесообразно проверять возможность и очередность образования заторов при различных метеорологических условиях.

Уровень загрузки движением принят за критерий оценки качества дорог по пропускной способности. Кроме этого критерия, для обобщения характеристики условий движения на дороге по степени удобства и безопасности в зарубежной практике широко используют понятие об уровнях обслуживания. Так, в США насчитывают шесть таких уровней. Каждому уровню соответствует определенное состояние транспортного потока по интенсивности, плотности и скорости.

Проф. В. В. Сильянов использовал их, назвав уровнями удобства движения и предложил выделить пять уровней: А, Б, В, Г-а и Г-б [16]. Основными характеристиками уровней удобства движения, кроме уровня загрузки, приняты скорость (коэффициент скорости) и интенсивность движения (коэффициент насыщения движением). Коэффициент скорости движения

$$c = \bar{v}_z / \bar{v}_{св}, \quad (6.58)$$

где  $\bar{v}_z$  – средняя скорость при рассматриваемом уровне удобства;  $\bar{v}_{св}$  – то же при уровне удобства А.

Коэффициент насыщения движением

$$\rho = q_z/q_{\max}, \quad (6.59)$$

где  $q_z$  — средняя плотность движения при рассматриваемом уровне, авт./км;  $q_{\max}$  — максимальная плотность движения, авт./км.

Уровень удобства А соответствует условиям, при которых отсутствует взаимодействие между автомобилями. Уровень Б — взаимодействие между автомобилями начинает ощущаться, образуются отдельные группы, число обгонов возрастает. Уровень В характеризуется появлением колонн автомобилей и сокращением числа обгонов. Уровень Г — движение колонное с небольшими разрывами, обгоны отсутствуют. При этом уровне автомобили движутся непрерывной колонной с частыми остановками (заторами). Такое движение чаще всего наблюдается на участках с высокой интенсивностью при неблагоприятных условиях погоды. Однако на подходах к городам, на дорогах курортного направления такие условия могут быть летом в период массового отдыха.

### 6.6. Оценка удобства и безопасности движения по периодам года

**Методы оценки.** Для выбора мероприятий, повышающих безопасность движения, и назначения очередности

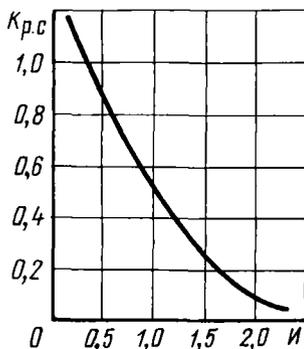


Рис. 6.20. Зависимость между коэффициентом обеспеченности расчетной скорости и показателем происшествий

их выполнения дорожная служба выявляет и оценивает опасные в каждый период года участки, используя различные методы [62].

Наиболее прост метод оценки и сравнения разных участков по абсолютному числу происшествий или по покิโลметровому графику ДТП. Недостаток этого метода в том, что он не учитывает интенсивность движения. Более надежна оценка по коэффициенту происшествий, который характеризует число дорожно-транспортных происшествий, происходящих на 1 млн авт.-км пробега И. Установлена зависимость между коэффициентами обеспеченности расчетной скорости и происшествий (рис. 6.20). Анализ этой зависимости показывает, что чем выше транспортно-эксплуатационные качества дороги, тем меньше удельное число происшествий на ней. Для оценки условий безопасности движения применяют также метод коэффициентов аварийности, разработанный проф. В. Ф. Бабковым [1]. В развитие этого метода предложен метод построения сезонных графиков коэффициентов аварийности, которые характеризуют условия безопасности движения в летний, осенне-весенний и зимний периоды [3]. При этом значения частных коэффициентов аварийности назначают в зависимости от фактических параметров и характеристик дорог, соответствующих состоянию в данный период. Для оценки безопасности движения на эксплуатируемых дорогах этот метод является основным. График сезонных коэффициентов аварийности — важнейший рабочий документ, на основании которого разрабатывают мероприятия, повышающие безопасность движения, сроки и очередность их проведения на разных участках (рис. 6.21).

Для построения графика сезонных коэффициентов аварийности необходимо выполнить сезонные обследования и измерить основные параметры и характеристики дороги. Наиболее характерные состояния наблюдаются летом в июле, осенью в

октябре-ноябре и зимой в феврале. Такие обследования проводят на тех участках, где произошли изменения параметров и характеристик. На основании измерений по обычным таблицам, приведенным в Указаниях [62], назначают частные коэффициенты аварийности для каждого периода года, затем вычисляют итоговый.

Если отсутствует возможность обследования, можно построить сезонные графики коэффициентов аварийности с использованием поправочных коэффициентов к параметрам и характеристикам дорог [3]. Если эти параметры и характеристики в летний период принять за единицу, то для осенне-весеннего и зимнего периодов поправочные коэффициенты составят: для ширины проезжей части 0,8–1,0; для ширины обочин 0,95–1,0; для ширины проезжей части мостов 0,8–1,0; для коэффициента сцепления 0,5–1,0; для интенсивности движения 0,7–1,4 и т.д. Проектное значение параметра дороги умножают на поправочный коэффициент и принимают значение частного коэффициента аварийности для каждого периода года.

**Пример.** Проектная ширина обочины  $b = 2,5$  м и для летнего периода частный коэффициент аварийности  $K_3 = 1,1$ . Чтобы определить фактическую ширину обочины в зимний период, прием поправочный коэффициент 0,5, если очистка обочин производится нерегулярно. Тогда ширина обочины зимой будет  $b = 0,5 \cdot 2,5 = 1,25$ , а частный коэффициент аварийности  $K_3 = 1,6$ .

**Пример.** Фактически используемая чистая ширина проезжей части летом 7,5 м, частный коэффициент аварийности  $K_1 = 1,0$ ; осенью 7,0 м,  $K_1 = 1,05$ , зимой 6,0 м,  $K_1 = 1,35$  и т.д.

На участках с итоговым коэффициентом аварийности более 20 необходимы срочные меры для повышения безопасности движения. При ремонте или реконструкции дорог участки с коэффициентом аварийности более 25–40 в равнинной и холмистой местности необходимо перестроить. Исследования канд. техн. наук М. М. Магомедова показали, что в горной местности на дорогах, проложенных перевальным ходом, и

на дорогах, где на большой протяженности имеются продольные уклоны более 50‰ и кривые в плане радиусом менее 300 м, степень опасности следует определять по соотношению значения сезонного итогового коэффициента аварийности на смежных участках. Участки, на которых сезонный итоговый коэффициент аварийности на 40 % и более превышает значения этого коэффициента на одном из смежных участков (до или после оцениваемого), относят к опасным и должны быть перестроены при ремонте или реконструкции.

Возрастание итогового коэффициента аварийности означает ухудшение условий движения, увеличение числа ДТП. Значение  $K_a$  на эксплуатируемых дорогах изменяется от 5–10 до 500–800 и более.

По итоговому коэффициенту аварийности можно приближенно вычислить возможное число ДТП на 1 млн авт.-км

$$Z = 34,5 - 0,27 K_a + 0,009 K_a^2. \quad (6.60)$$

На подходах к мостам

$$Z = 20,7 + 3,9 K_a + 0,02 K_a^2. \quad (6.61)$$

Методы коэффициентов аварийности и сезонных графиков коэффициентов аварийности наиболее эффективны при оценке безопасности движения на дорогах с высокой интенсивностью движения. На дорогах с малой интенсивностью или в часы спада движения на загруженных дорогах более эффективен метод коэффициентов безопасности, разработанный проф. В. Ф. Бабковым, который учитывает движение одиночного автомобиля. При этом показателем безопасности движения является плавность изменения скорости автомобиля на смежных участках дороги.

Изменение скоростей должно оцениваться на расстояниях, не меньших нормативных расстояний видимости поверхности дороги. График коэффициентов безопасности строят для летнего, осенне-весеннего и зимнего периодов, подставляя в расчетные формулы, по которым опреде-

ляют максимальные скорости для каждого периода года, фактические значения ширины проезжей части коэффициентов сцепления и сопротивления качению и т. д. Для автоматизированного построения графика коэффициентов безопасности разработаны программы для вычисления на ЭВМ. Кроме изложенных, существуют и другие методы оценки безопасности движения на дорогах, например комплексный метод, предложенный проф. В. М. Сиденко и канд. техн. наук А. А. Рыбальченко <sup>1</sup>

<sup>1</sup> Сиденко В. М., Рыбальченко А. А. Комплексный метод оценки безопасности дорожного движения // Автодорожник Украины. 1978. № 3. С. 42-43.

**Районирование по условиям движения.** Региональный характер изменения погодно-климатических факторов на территории страны приводит к тому, что автомобильные дороги одинаковых технических характеристик в одних регионах обеспечивают круглогодичное удобное и безопасное движение с высокими скоростями, а в других на таких же дорогах в отдельные периоды года наблюдается движение с пониженными скоростями и повышенной аварийностью.

Для комплексной оценки климата различных регионов предложен показатель влияния климата на условия движения автомобилей [5]

$$P_k = K_{p.c.г} - \bar{K}_{c.г} \quad (6.62)$$

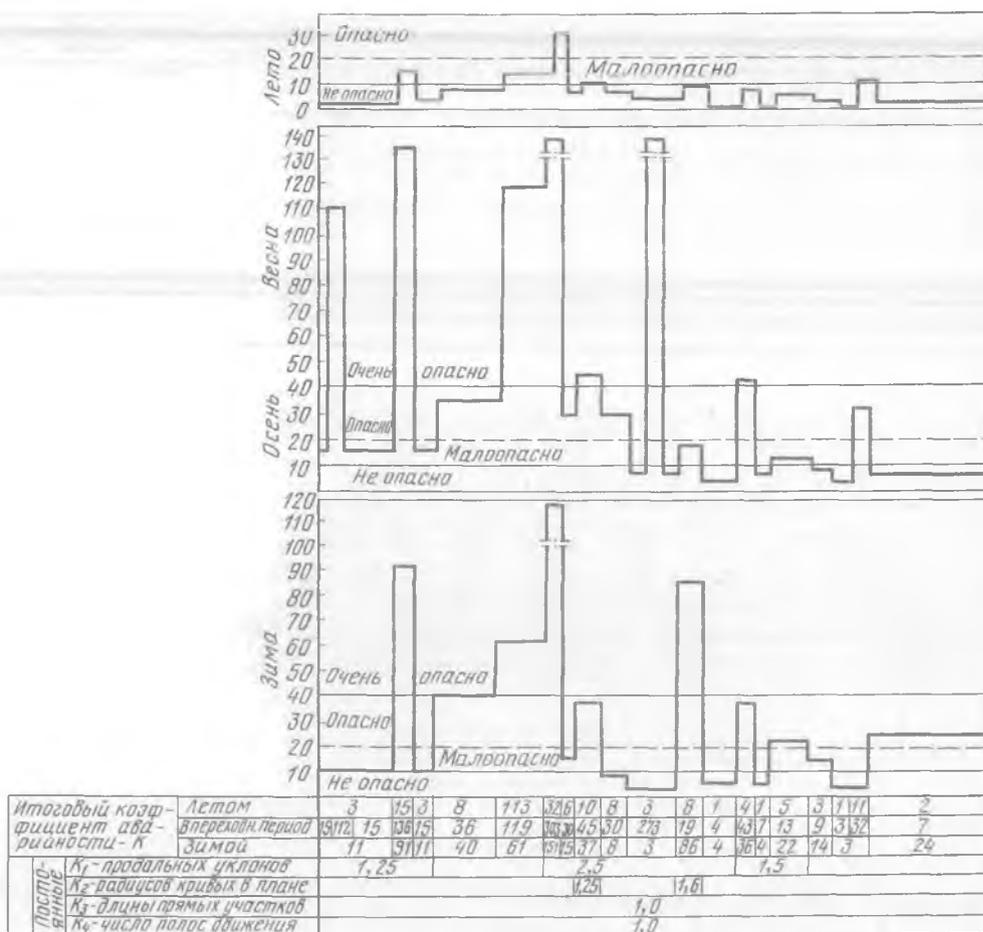


Рис. 6.21. Сезонные графики

где  $K_{p.c3}$  – коэффициент обеспеченности расчетной скорости на эталонном участке в эталонных метеорологических условиях;  $K_{c,r}$  – среднегодовой коэффициент обеспеченности расчетной скорости на эталонном участке с учетом влияния на состояние поверхности дороги и режим движения всего комплекса погодноклиматических факторов данного района.

Физический смысл этого показателя заключается в том, что он показывает долю среднегодового снижения максимальной скорости на эталонном участке под воздействием погодноклиматических факторов. Чем больше показатель влияния климата на условия движения  $\Pi_k$ , тем значительнее его отрица-

тельное воздействие на режим движения транспортных потоков. Таким образом, этот показатель позволяет количественно сравнивать климат разных регионов страны по степени влияния на условия движения.

Аналогично может быть оценено и изменение условий движения автомобилей в одном и том же регионе, но в различные периоды года. При этом необходимо учесть неравномерность изменения интенсивности движения по этим периодам

$$\Pi_{c3} = (K_{p.c3} - K_{p.c}^{c3}) D_{c3} K_{н.c3} / 365, \quad (6.63)$$

где  $K_{p.c}^{c3}$  – среднесезонный коэффициент обеспеченности расчетной скорости на эталонном участке;  $D_{c3}$  – длительность

частные коэффициенты аварийности	К <sub>5</sub> - интенсивности движения	Летом	1,0					
		в переходн. периоды	1,1					
		Зимой	0,82					
	К <sub>6</sub> - шириной проезжей части	Летом	2,0			1,2		
		в переходн. периоды	2,5			2,0		
		Зимой	1,35	1,5	1,35	1,2		
	К <sub>7</sub> - ширины обочин	Летом	1,0					
		в переходн. периоды	2,2					
		Зимой	1,0	1,8		1	1,2	
	К <sub>8</sub> - видимости дороги	Летом				1,2	2,0	
		в переходн. периоды				1,0	1,2	
		Зимой	1,2		2,0	1,2	2,5	
	К <sub>9</sub> - ширины проезжей части мостов	Летом	3,0			3,0		
		в переходн. периоды	3,0			3,0		
Зимой		6,0			6,0			
К <sub>10</sub> - типа пересечения	Летом	1,5			1,5			
	в переходн. периоды	1,6	3,0		1,5	3,0		
	Зимой	3,0			3,0			
К <sub>11</sub> - интенсивности движения на пересечении	Летом	3,0			3,0			
	в переходн. периоды	3,0	3,0		3,0	3,0		
	Зимой	3,0			3,0			
К <sub>12</sub> - видимости на пересечении	Летом	1,0			1,1			
	в переходн. периоды	1,5	1,0		1,5	1,1		
	Зимой	1,1			1,1			
К <sub>13</sub> - застройки и тротуаров	Летом	3,0						
	в переходн. периоды	10,0						
	Зимой	10,0						
К <sub>14</sub> - характеристики покрытий	Летом	1,3			0,75 2,5			
	в переходн. периоды	2,0			1,3 2,5			
	Зимой	2,5			2,0 10,5			
Интенсивность движения, абт/сут	Летом	5000						
	в переходн. периоды	5500						
	Зимой	3500						
Ширина проезжей части, м	Летом	7,0						
	в переходн. периоды	6,0			7,0			
	Зимой	6,0	5,5	6,0	7,0	6,0	7,5	
Ширина обочин, м	Летом	2,5 - не укреплены			2,5 - укреплены			
	в переходн. периоды	3,0 - в грязном состоянии			2,5 - укреплены			
	Зимой	3,0	1,0		3,0	2,0	3,0	
Видимость дороги, м	Летом	500		400	250	500		
	в переходн. периоды	400		500	400	500		
	Зимой	400		250	200	400		
Видимость на пересечениях, м	Летом	> 60				+ 50	> 2,5	
	в переходн. периоды	> 30	> 60		< 15	+ 50	> 2,5	
	Зимой	> 30				+ 50		
Продольные уклоны, ‰	30 150 600 40							
Прямые и кривые								
План дороги и ситуация								
Километры	10	11	12	13	14	15		

коэффициентов аварийности

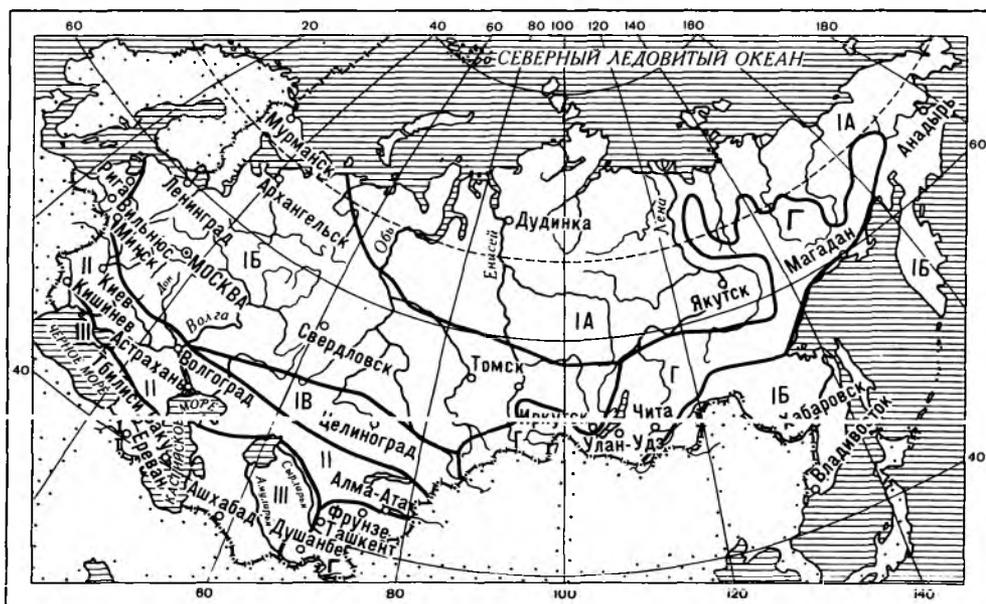


Рис. 6.22. Районирование территории СССР по условиям движения на дорогах

сезона, сут;  $K_{н.сез}$  — коэффициент учета неравномерности движения по сезонам года (см. п. 6.5).

Чем больше показатель влияния сезонных погодноклиматических факторов на условия движения, тем труднее для движения этот период, а сумма сезонных показателей дает показатель влияния климата данного региона, т. е.

$$P = P_л + P_з + P_п, \quad (6.64)$$

где  $P_л$ ,  $P_з$ ,  $P_п$  — показатели влияния сезонных погодноклиматических факторов соответственно для летнего, зимнего и переходных периодов.

Показатель влияния климата и сезонных погодноклиматических факторов позволяет осуществить районирование страны по условиям движения, т. е. выделить районы с различными расчетными периодами. Для большинства районов страны трудные условия движения наблюдаются в зимний и осенне-весенний периоды, а для районов с жарким и сухим климатом — летний период. Наиболее трудные периоды года по условиям движения и должны быть приняты за расчетные при выборе методов и средств обеспечения удоб-

ства и безопасности движения. На основании исследований разработано районирование территории страны по влиянию климата на поверхность дорог и условия движения (рис. 6.22).

*Зона I* характерна зимним расчетным периодом. К ней отнесены районы, где зимний период составляет 125 сут в году. Расчетным для зоны является движение по заснеженному, скользкому покрытию при наличии суженной проезжей части. В пределах I зоны выделены подзоны с некоторыми отличительными признаками.

*Подзона IA* — зимний расчетный период является единственным, поскольку переходные периоды очень короткие (20–60 сут в году) и ими можно пренебречь. Скользкость покрытия определяется только гололедом и наличием снежного накатанного или рыхлого слоя.

*Подзона IB* — зимний расчетный период дополняется значительным по длительности (60–100 сут) переходным периодом. Следовательно, в подзоне IB необходимо конструктивные и организационные меро-

приятия дополнять мероприятиями, рассчитанными на обеспечение удобства и безопасности в переходные периоды года.

*Подзона IV* близка к зоне II, так как длительность переходного периода достигает 120 сут. Расчетными условиями являются скользкость и сужение проезжей части из-за наличия гололеда, снежных отложений, выпадения осадков и грязных обочин, т. е. в этой подзоне необходимы мероприятия, характерные для зимнего и переходных периодов.

*Зона II* характерна тем, что расчетными являются переходные периоды, которые длятся от 40 до 110 сут, а зимний период – от 40 до 125 сут. Зимы в этих районах малоснежные с частыми оттепелями, поэтому расчетным состоянием дорог можно считать повышенную скользкость покрытия из-за увлажнения и загрязнения обочин и переходных полос.

*Зона III* характерна летним расчетным периодом, так как зимний и осенне-весенний периоды весьма короткие и вместе составляют 80–110 сут. Основными расчетными условиями являются движение в период высокой температуры воздуха, а поверочными – движение в период дождей. К зоне III могут быть отнесены южные районы Крыма, Кавказа и районы Средней Азии.

В горных районах расчетный период рекомендуется определять на каждом характерном участке дороги по высоте, так как в зависимости от высоты местности над уровнем моря погодно-климатические условия значительно изменяются.

Районирование по условиям движения коррелируется с дорожно-климатическим районированием. Однако границы зон различаются. Так, зона I по условиям движения включает зоны I, II и III дорожно-климатического районирования. Зона II районирования по условиям движения примерно соответствует зоне IV дорожно-климатического районирования, а зона III соответствует зоне V.

## 6.7. Методы комплексной оценки состояния дорог

Комплексная оценка необходима, чтобы глубоко и всесторонне проанализировать транспортно-эксплуатационные характеристики автомобильной дороги или сети дорог региона, выявить степень их соответствия требованиям экономичности и безопасности перевозок, оценить качество дорог после строительства, реконструкции или ремонта; оценить уровень содержания; спланировать мероприятия и затраты на ремонт и содержание дорог, повышение их транспортно-эксплуатационных характеристик; оценить, насколько состояние дорог соответствует лучшим отечественным и зарубежным образцам, и т. д.

Все методы оценки по комплексному показателю можно условно разделить на три группы: оценка качества и состояния дорожных одежд; оценка совместного влияния геометрических элементов покрытия на скорость и безопасность движения (см. п. 6.6); оценка влияния состояния дороги, ее оборудования и обустройства (автосервиса) на психофизиологию водителей и уровень обслуживания проезжающих.

**Оценка качества и состояния дорожных одежд.** В СССР впервые для этих целей в 1953 г. была предложена трехбалльная оценка, разработанная в Союздорнии, по которой прочность оценивают экспертным путем визуально по наличию на покрытии трещин, сетки трещин, деформаций и разрушений:

I балл – поверхность покрытия ровная, поперечный профиль сохранился, отсутствуют деформации, характерные для недостаточной прочной конструкции; скорость не ограничивается состоянием проезжей части;

II балла – поперечный профиль в ряде мест искажен, могут быть неглубокие просадки по полосам наката с характерной для усовершенствованных покрытий мелкой сеткой трещин. При проезде груженого

автомобиля средней грузоподъемности (ЗИЛ-130) одежда слегка прогибается без образования остаточных деформаций;

III балла – значительные искажения поперечного профиля, неровности, вызванные недостаточной прочностью одежды. При проезде грузового автомобиля средней грузоподъемности одежда сильно деформируется, могут быть проломы.

В отдельных случаях вводится еще один балл – промежуточный между I и II. Этим баллом оценивают участки, на проезжей части которых лишь начинают появляться деформации, показывающие, что конструкция работает на пределе прочности: поперечный профиль слегка искажен, заметны узкие (волосные) продольные трещины посередине полос наката, иногда на них имеются резкие поперечные трещины.

Более подробную классификацию покрытия по прочности разработал в МАДИ д-р техн. наук Ю.М. Яковлев<sup>1</sup>, который выделяет пять состояний по визуальной оценке: 5 баллов – отсутствие дефектов и одиночные трещины; 4 балла – отдельные и редкие трещины; 3 балла – частые трещины; 2 балла – сетка трещин и небольшая колейность; 1 балл – просадки, значительная колейность, проломы.

Установлена зависимость ожидаемого коэффициента прочности от состояния дорожной одежды:

Состояние дорожной одежды, баллы	5	4	3	2	1
Ожидаемый коэффициент прочности	1	0,95	0,85	0,8	0,7

Визуальную оценку применяют для предварительного выявления участков, требующих детального инструментального контроля, для ориентировочного определения объемов дорожно-ремонтных работ и т. д.

Для более полной и точной оценки дорожной одежды в результате

исследований профессоров А. К. Бируля, В. Ф. Бабкова, Н. Н. Иванова, Я. А. Калужского, М. Б. Корсунского, В. М. Сиденко и других предложена система из пяти основных показателей: коэффициентов прочности, ровности (или коэффициент службы), скользкости, износа покрытий и интенсивности движения. Указанные показатели не приводят к единому, а рассматривают как группу отдельных показателей.

За рубежом широко используют методику определения индекса эксплуатационной надежности покрытия (*PSI*) как показателя комплексной оценки дорог

$$PSI = 11,683 - 3,9 \log \bar{R}_i - 0,01 \sqrt{3,08 C + P} - 0,241 RD^2, \quad (6.65)$$

где  $\bar{R}_i$  – показатель ровности покрытия по толчкомеру;  $C$  – протяженность трещин, м/1000 м<sup>2</sup>;  $P$  – площадь ямочного ремонта покрытия, м<sup>2</sup>/1000 м<sup>2</sup>;  $RD$  – средняя глубина колеи.

Разработана шкала оценки состояния покрытия по этому показателю: больше 3,5 – отлично; 2,5–3,5 – хорошо; 1,5–2,5 – удовлетворительно; меньше 1,5 – неудовлетворительно.

Этот показатель нельзя назвать комплексным, так как он оценивает только состояние покрытия. В ряде стран имеются модификации подобного показателя.

Оценка влияния состояния дорог, ее инженерного оборудования и обустройства (автосервиса) на психологическое состояние водителей и уровень обслуживания проезжающих еще не нашла широкого применения.

В ХАДИ разработана методика оценки эргономических и эстетических качеств дорог [23] по соответствию дорог функциональным требованиям водителя. Для одиночного движения системный показатель степени соответствия дороги

$$K = v_k / v_{н.к}, \quad (6.66)$$

где  $v_k$ ,  $v_{н.к}$  – фактическая (расчетная) и нормальная (норма) скорости в данных дорожных условиях, км/ч.

<sup>1</sup> Коганзон М.С., Яковлев Ю.М. Работоспособность дорожных одежд нежесткого типа: Учебное пособие для вузов/МАДИ. 1985. 51 с.

Для водителя автомобиля, движущегося в транспортном потоке, системный показатель соответствия дороги

$$K_n = (v_{n,k} v_{n,r} + v_{n,k} v_{n,r}) / (v_{n,k} v_{n,r} + v_{n,r} v_{n,k}), \quad (6.67)$$

где  $v_{n,k}$  – предельно допустимая скорость по показателям функционального состояния  $k$ -го водителя;  $v_{n,r}$  – предельно допустимая скорость для группы водителей;  $v_{n,r}$  – норма скорости для группы водителей.

Показатель эстетичности дорог оценивается по эмоциональному воздействию условий движения на водителя, определяемого экспертным путем. Канд. техн. наук С. В. Сиденко предложил комплексный показатель качества покрытий с позиций эргономики

$$K_{эп} = 0,15 K_1 - 0,3 K_2 + 0,4 K_3 + 0,15 K_4, \quad (6.68)$$

где  $K_1, K_2, K_3, K_4$  – уровни, выраженные в баллах соответственно блескости (т. е. свойства поверхности покрытия отражать свет, блеск) и эстетичности покрытий, колебания тела водителя и шума.

**Обобщенная оценка технического уровня и эксплуатационного состояния дорог.** Предпринимались многократные попытки разработать методы обобщенной оценки состояния дорог по одному показателю. Для оценки технического состояния местных автомобильных дорог в КАДИ предложен метод коэффициентов соответствия<sup>1</sup>

$$K_{соотв} = \prod_{i=1}^{12} K_i, \quad (6.69)$$

где  $K_i$  – частные коэффициенты соответствия, характеризующие дорожные условия по 12 отдельным признакам. Их определяют как отношение фактических параметров к нормативным. В число оцениваемых входят: ширина проезжей части (два коэффициента), ширина обочин, продольный уклон дороги, радиус кривых в плане, видимость в плане, профили и на перекрестках, расстояние до

застройки, состояние проезжей части, тип покрытия, отношение ширины проезжей части к ширине проезжей части на мостах. При этом не учитывается прочность дорожной одежды, состояние мостов, инженерное оборудование и обустройство.

**Методика оценки качества и уровня содержания дороги по потребительским свойствам.** Методика разработана проф. А. П. Васильевым на основании исследований, выполненных в Гипродорнии, МАДИ и других организациях. Она основана на том, что конечный результат деятельности дорожных организаций как при строительстве, так и при эксплуатации дорог – обеспечение потребительских свойств дорог, через которые дорожная отрасль осуществляет свой вклад в технико-экономические показатели работы автомобильного транспорта, в социальное и экономическое развитие регионов. С этих позиций к дорогам вполне применимо определение, что качество продукции – это комплекс ее потребительских свойств, обуславливающих способность удовлетворять определенные потребности в соответствии с назначением продукции.

*Под качеством дороги* понимают степень соответствия показателей технического уровня, эксплуатационного состояния, инженерного оборудования и обустройства, а также уровня содержания нормативным требованиям, которые обеспечивают потребительские свойства дороги данной категории.

Для обобщенной комплексной оценки качества дороги и уровня ее содержания определяют показатель  $\Pi$ , который включает в себя комплексный показатель транспортно-эксплуатационного состояния  $KП$ , показатели инженерного оборудования и обустройства  $K_{об}$ , эксплуатационного содержания дороги  $K_3$ ,

$$\Pi = KП K_{об} K_3. \quad (6.70)$$

Для вновь построенной дороги в момент сдачи в эксплуатацию  $K_3 = 1$ , тогда качество дороги

$$\Pi = KП K_{об}. \quad (6.71)$$

<sup>1</sup> Заворицкий В. Н., Старовойда В. П. Метод оценки транспортно-эксплуатационных качеств дорог местного значения // Автотранспортник Украины. 1974. № 4. С. 8–11.

Качество дороги, ее транспортно-эксплуатационное состояние, инженерное оборудование и обустройство, а также качество содержания оценивают по двум критериям: абсолютному значению показателя качества в долях единицы по отношению к эталонной дороге; относительно фактическому размеру показателя качества в процентах по отношению к нормативным требованиям для дороги данной категории и дан-

ного рельефа местности. При этом за эталон (базу) принят участок дороги II категории в равнинной местности, построенный, оборудованный и содержащийся в полном соответствии с нормативными требованиями. Для эталонного участка  $\Pi \geq 1$ ;  $K_{06} \geq 1$ ;  $K_3 \geq 1$ .

За комплексный показатель транспортно-эксплуатационного состояния на каждом отрезке дороги длиной  $l_i$  принимают итоговый коэффи-

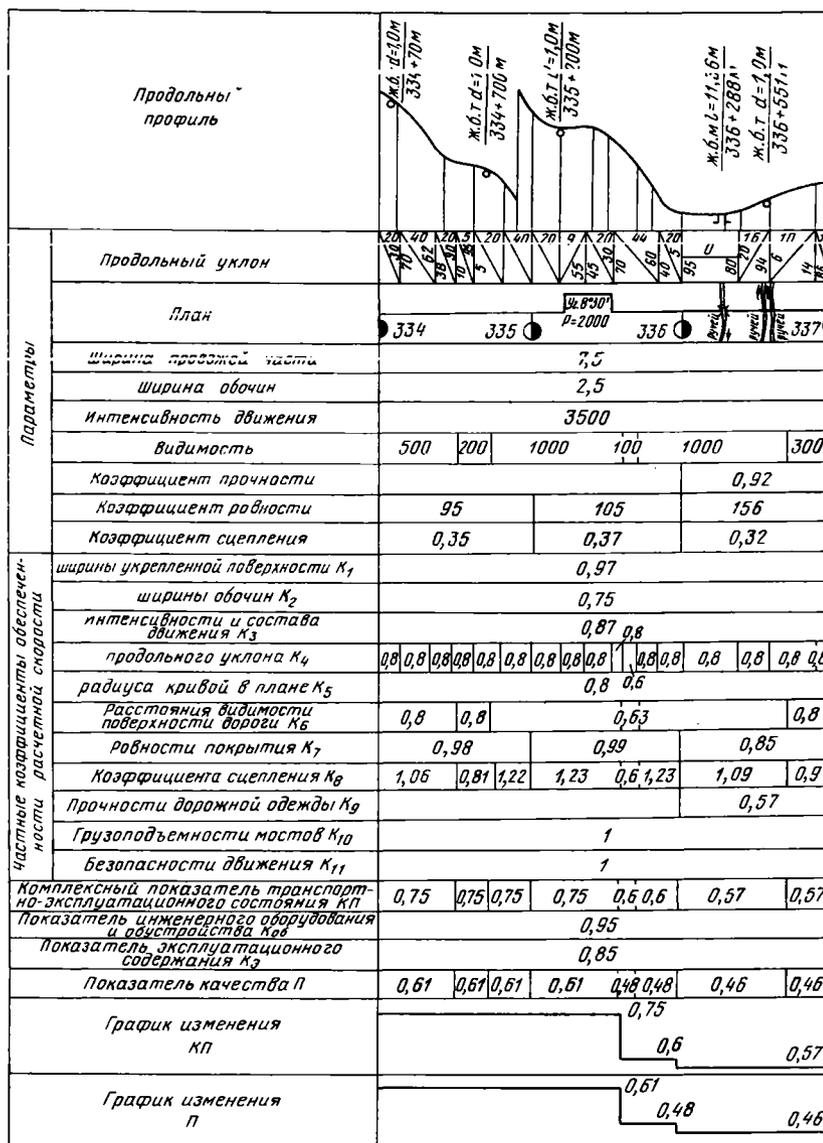


Рис. 6.23. Линейный график оценки качества автомобильных дорог и уровня их содержания

Таблица 6.7

циент обеспеченности расчетной скорости  $K_{p.ci}^{итог}$ , т.е.  $K\Pi_i = K_{p.ci}^{итог}$ .

Это показатель по отношению к эталонной дороге. Итоговый коэффициент обеспеченности расчетной скорости на каждом участке принимают равным наименьшему из всех частных коэффициентов на этом участке. Для этого строят линейный график, на котором показывают сокращенный профиль и план дороги, основные параметры и характеристики, частные и итоговые значения коэффициента обеспеченности расчетной скорости на каждом участке (рис. 6.23).

Для определения  $K\Pi_i$  вычисляют частные коэффициенты, учитывающие: ширину основной укрепленной поверхности и габарита моста  $K_{p.c1}$ ; ширину и состояние обочин  $K_{p.c2}$ ; интенсивность и состав движения  $K_{p.c3}$ ; продольные уклоны  $K_{p.c4}$ ; радиусы кривых в плане и уклон виража  $K_{p.c5}$ ; расстояние видимости  $K_{p.c6}$ ; ровность покрытия  $K_{p.c7}$ ; коэффициент сцепления колеса с покрытием  $K_{p.c8}$ ; прочность дорожной одежды  $K_{p.c9}$ ; грузоподъемность мостов  $K_{p.c10}$ ; безопасность движения  $K_{p.c11}$ .

Порядок определения частных коэффициентов  $K_{p.c1} - K_{p.c9}$  и  $K_{p.c11}$  приведены в пп. 6.2 и 6.6.

Частный коэффициент  $K_{p.c10}$ , учитывающий грузоподъемность моста, определяют в зависимости от фактической расчетной грузоподъемности, которую может пропустить мост по данным испытаний (табл. 6.7).

Значения параметров и характеристик дорог определяют непосредственно измерениями и наблюдениями при первом составлении линейного графика комплексного показателя в течение одного года: в середине лета, когда определяют все параметры и характеристики; во второй половине осени и во второй половине зимы, когда определяют только переменные параметры и характеристики (ширину чистой фактической используемой укрепленной поверхности и состояние покрытия, ширину и состояние обочин, интенсив-

Категория дороги	$K_{p.c10}$ при расчетной нагрузке, которую может пропустить мост			
	АК-11, Н-18, Н-30, НК-80	Н-13, НГ-60	Н-10 НГ-60	Н-8 и ниже
I и II	1,0	0,3	0,2	—
III	1,0	0,35	0,25	0,20
IV и V	1,0	0,5	0,25	0,25

ность и состав движения, ровность покрытия и коэффициент сцепления, состояние инженерного оборудования и обустройства и т. д.). Данные об основных параметрах могут быть получены из паспорта дороги.

Транспортно-эксплуатационное состояние дорог оценивают, как правило, для трех периодов года: летнего, весеннего или осеннего и зимнего. Допускается выполнять указанную оценку для двух периодов: в I–IV дорожно-климатических зонах весеннего или осеннего и зимнего, в V зоне – летнего и зимнего. Каждому периоду года соответствует характерное состояние поверхности дороги, формирующееся под влиянием метеорологических условий, уровня содержания дороги и транспортного потока, для которого и определяют коэффициент обеспеченности расчетной скорости.

Выделяя характерные участки, учитывают зоны влияния отдельных элементов дороги на расстоянии 50–100 м от начала и конца оцениваемого элемента. Наиболее достоверный способ получения итогового коэффициента обеспеченности расчетной скорости – определить максимальную скорость на каждом участке непосредственным измерением скорости и ее обработки (см. п. 6.2).

При определении коэффициентов обеспеченности расчетной скорости аналитическим путем: а) не принимают во внимание общие ограничения скорости Правилами дорожного движения и местные ограничения

скорости в населенных пунктах, на переездах железных дорог, пересечениях с другими дорогами, на кривых малого радиуса, в зоне действия дорожных знаков и др.; б) коэффициент обеспеченности расчетной скорости принимают по наименьшему значению в случае резкого различия условий движения по дороге в разных направлениях (например, на затяжных уклонах дорог в горной местности); в) не учитывают участки постоянного перехода скорости от одного значения к другому, т.е. строят ступенчатую эпюру КП.

Однажды составленный линейный график  $K_{p.ci}^{итог} = КП_i$  для каждого периода года в последующем периодически корректируют, внося изменения только на тех участках и по тем параметрам, на которых произошли какие-либо изменения в результате выполненных работ или износа и разрушений под воздействием транспортных средств и климатических факторов.

При текущем контроле сначала определяют фактическую максимальную скорость методом следования за лидером, по которой вычисляют ориентировочные значения  $K_{p.c}^{итог}$ .

Если полученное значение выше допустимого, оцененный участок не требует ремонта и дальнейшему детальному обследованию не подле-

жит. Если полученное значение ниже допустимого, оцененный участок подлежит детальному обследованию и комплексной оценке в соответствии с данной методикой с целью определения вида и очередности ремонта.

Итоговое значение коэффициента обеспеченности расчетной скорости или комплексный показатель  $КП_i$  – первый главный критерий обобщенной оценки состояния дорог, который может во многих случаях использоваться самостоятельно.

Показатель фактического состояния участка автомобильной дороги по отношению к нормативному (%)

$$K_{c.y} = \frac{КП_i}{КП_n} 100, \quad (6.72)$$

где  $КП_n$  – нормативное значение комплексного показателя транспортно-эксплуатационного состояния дорог (табл. 6.8).

Комплексный показатель транспортно-эксплуатационного состояния дороги по отношению к эталонному

$$КП_n = \sum_{i=1}^n K_{p.ci}^{итог} l_i / L, \quad (6.73)$$

где  $K_{p.ci}^{итог}$  – итоговый расчетный коэффициент обеспеченности расчетной скорости на каждом участке;  $l_i$  – длина участка с итоговым значением  $K_{p.ci}^{итог}$ , км;  $n$  – число таких участков;  $L$  – общая длина дороги, км.

Показатель фактического состояния дороги по отношению к нормативному (%)

$$K_{c.д} = \frac{КП_д}{КП_n} 100. \quad (6.74)$$

Прирост или уменьшение комплексного показателя за какой-то период времени (%)

$$\Delta K_{c.д} = K_{c.д}^* - K_{c.д}^n. \quad (6.75)$$

Отрицательное значение прироста свидетельствует об ухудшении транспортно-эксплуатационного состояния дороги.

Показатель инженерного оборудования и обустройства дороги ( $K_{об}$ )

Таблица 6.8

Категория дороги	Нормативные значения $КП_n$		
	основные	на трудных участках пересеченной местности	на трудных участках горной местности
I-а	1,25/0,94	1,0/0,75	0,67/0,50
I-б, II	1,0/0,75	0,83/0,63	0,50/0,38
III	0,83/0,63	0,67/0,50	0,42/0,31
IV	0,67/0,50	0,50/0,38	0,33/0,25
V	0,50/0,38	0,33/0,25	0,25/0,19

Примечание. В числителе – значения для летнего периода, в знаменателе – для характерных состояний в осенне-весенний и зимний периоды.

Таблица 6.9

$D_{н.о.}$	Значение $K_{об}$ для категории дорог		
	I-а, I-б, II	III	IV и V
0	1,00	1,00	1,00
0,2	0,97	0,98	0,99
0,4	0,94	0,96	0,98
0,6	0,91	0,94	0,97
0,8	0,88	0,92	0,96
1,0	0,85	0,90	0,95

определяют по значению коэффициента дефектности ( $D_{н.о.}$ ). Под дефектностью понимают отсутствие, недостаточное количество или несоответствие нормативным требованиям элементов инженерного оборудования и обустройства. Коэффициент дефектности определяют по результатам обследования

$$D_{н.о.} = \frac{1}{n} (D_1 + D_2 + \dots + D_n), \quad (6.76)$$

где  $D_1, D_2, \dots, D_n$  — частные коэффициенты дефектности по отдельным видам инженерного оборудования и обустройства дороги (пересечениям, въездам и переездам, ограждениям, АЗС, мотелям, кемпингам и т. д.).

Например, частный коэффициент дефектности пересечений и примыканий автомобильных дорог в одном и разных уровнях определяют по соответствию их параметров требованиям Строительных норм и правил

$$D_1 = (N_n - N_{н.н.}) / N_n, \quad (6.77)$$

где  $N_n$  — число пересечений, примыканий, съездов и переездов на дороге;  $N_{н.н.}$  — то же, полностью соответствующих требованиям Строительных норм и правил.

Частный коэффициент дефектности ограждений

$$D_2 = (l_{н.о.} - l_{ф.о.}) / l_{н.о.}, \quad (6.78)$$

где  $l_{н.о.}$  — требуемая по нормам протяженность ограждений на обследуемой дороге, м;  $l_{ф.о.}$  — фактическая протяженность ограждений, м.

Коэффициент дефектности обустройства дороги мотелями и кемпингами

$$D_3 = (L - l_{н.м} n_m) / L, \quad (6.79)$$

где  $L$  — длина дороги, км;  $l_{н.м}$  — нормативное расстояние между мотелями и кемпингами по нормам, км;  $n_m$  — фактическое число мотелей и кемпингов.

Аналогично вычисляют частные коэффициенты дефектности по остальным видам инженерного оборудования и обустройства. После этого определяют средний коэффициент дефектности всего инженерного оборудования и обустройства по формуле (6.76).

За нормативное состояние инженерного оборудования и обустройства принимают такое его состояние, при котором дефекты отсутствуют полностью, т. е. коэффициент дефектности  $D_{н.о.} = 0$ .

Показатель фактического состояния инженерного оборудования и обустройства дороги по отношению к нормативному (%)

$$K_{н.о.} = (1 - D_{н.о.}) 100. \quad (6.80)$$

Прирост показателя фактического состояния инженерного оборудования и обустройства

$$\Delta K_{н.о.} = K_{н.о.}^k - K_{н.о.}^n, \quad (6.81)$$

где  $K_{н.о.}^k, K_{н.о.}^n$  — показатель соответственно в начале и конце рассматриваемого периода (год, пятилетка, до и после ремонта и т. д.).

Значение показателя инженерного оборудования и обустройства дороги  $K_{об}$ , необходимого для определения показателя качества дороги, устанавливают с учетом коэффициента дефектности и категории дороги (табл. 6.9).

Показатель эксплуатационного содержания автомобильных дорог  $K_s$  зависит от качества содержания  $S_\phi$  (см. п. 17.1):

$S_\phi$ , баллы	4,8–5	4,5–4,8	4–4,5	3,5–4,0	< 3
$K_s$	1,10	1,0	0,95	0,85	0,5

Показатель фактического уровня эксплуатационного содержания по отношению к нормативному (%)

$$K_s = 20 S_\phi. \quad (6.82)$$

Изменение показателя фактического уровня содержания за рассматриваемый период

$$\Delta K_s = K_s^k - K_s^n, \quad (6.83)$$

где  $K_s^n$ ,  $K_s^k$  – показатель соответственно в начале и конце рассматриваемого периода.

Определив комплексный показатель транспортно-эксплуатационного состояния, показатели инженерного оборудования и обустройства, эксплуатационного содержания дороги, вычисляют абсолютное значение показателя качества участка или всей дороги по формуле (6.70).

Показатель фактического качества дороги по отношению к нормативному (%)

$$K_d = \frac{П_d}{КП_d} \cdot 100 \quad (6.84)$$

или

$$K_d = \frac{КП_d}{КП_n} K_{об} K_s \cdot 100. \quad (6.85)$$

Прирост показателя качества дороги за рассматриваемый период (%)

$$\Delta K_d = K_d^k - K_d^n. \quad (6.86)$$

Оценив показатели качества каждой автомобильной дороги, определяют показатель качества дорожной сети, обслуживаемой данной дорожной организацией, сети дорог района или области. Динамика изменения показателя качества дороги во времени служит наглядным критерием эффективности деятельности дорожных организаций по ремонту и содержанию обслуживаемых ими дорог.

Предложенную методику можно существенно упростить: на первом этапе оценивать только обеспеченную скорость движения путем непосредственного измерения и давать визуальную оценку состояния дороги; на втором этапе детально обследовать участки, где коэффициент обеспеченности ниже нормативного; максимально использовать ЭВМ для оценки качества и состояния дорог и банк дорожных данных.

## Глава 7

### МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ И ХАРАКТЕРИСТИК ЭКСПЛУАТИРУЕМЫХ ДОРОГ

#### 7.1. Порядок оценки и определения геометрических элементов дорог

**Оценка состояния дорог и дорожных сооружений.** При оценке проводят: текущие осмотры и обследования, выполняемые инженерно-техническими работниками низового звена (прорабами, мастерами и др.); периодические осмотры и обследования, осуществляемые руководителями первичного звена дорожной службы (например, ДРСУ, ДЭУ); сезонные осмотры и обследования комиссиями, которые назначает руководство дорожных организаций (автодорог, автомобильных дорог и т.п.); специальные и детальные обследования специализированными организациями (дорожно- и мостоиспытательными станциями, проектными, научно-исследовательскими организациями и т.п.); комиссиями, которых назначают дорожные министерства или другие вышестоящие органы. Работы по оценке состояния дорог проводят в такой последовательности: изучение проектной и технической документации, визуальный осмотр и обследования, детальные инструментальные обследования и испытания.

При текущих ежегодных осмотрах и обследованиях визуально определяют вид и число дефектов дорожной одежды, земляного полотна, обочин, откосов и водоотвода, оценивают полноту, состояние и правильность размещения инженерного оборудования, обстановки и обустройства дорог, проводят инструментальную оценку ровности и сцепных качеств покрытия, составляют сезонные графики коэффициентов аварийности.

По результатам визуальных осмотров назначают мероприятия по

содержанию, определяют участки для детального обследования. Их выполняют на участках, имеющих неровности, трещины и разрушения покрытий, деформации земляного полотна и другие дефекты.

**Детальные обследования.** Инструментальные измерения и испытания проводят с целью получить количественные данные о состоянии дорог, уточнить причины образования деформаций и разрушений, назначить виды ремонтных работ и их объемы.

Детальные обследования включают определение параметров геометрических элементов, полевые испытания дорожных одежд методами статического и кратковременного нагружения, вскрытие дорожной одежды (при необходимости) и определение физико-механических свойств материалов ее конструктивных слоев, грунтов земляного полотна под проезжей частью, оценку состояния обочин и откосов. Все работы выполняют в расчетный (как правило, весенний) неблагоприятный по условиям увлажнения период года. Для объективной и глубокой оценки состояния дорог создают диагностические станции, оснащенные передвижными лабораториями и оборудованием для проведения всего комплекса испытаний и измерений по всем транспортно-эксплуатационным показателям (см. гл. 6).

**Определение геометрических параметров эксплуатируемых дорог.** Параметры дорог определяют инструментально при паспортизации или детальных обследованиях. Данные измерений заносят в паспорт дороги и корректируют после каждого ремонта, а также после реконструкции дороги или ее участка.

Ширину проезжей части, краевых укрепленных полос и обочин измеряют на каждом характерном участке (на прямых, кривых в плане и профиле, в местах сужений и изменения ширины, над трубами, на мостах, путепроводах, на высоких насыпях, в местах установки ограждений), но не реже, чем одно измерение на километр.

Для построения сезонных графиков коэффициентов аварийности определяют фактически используемую для движения, т. е. чистую от пыли, грязи и снежного наката ширину проезжей части в летний, осенне-весенний и зимний периоды.

Для определения параметров геометрических элементов применяют геодезические приборы и инструменты, передвижные лаборатории, аэрофотосъемку и наземную стереофотограмметрическую съемку. Из простейших приспособлений для определения уклонов обочин и откосов земляного полотна, а также продольных и поперечных уклонов покрытий используют угломерную линейку типа КП-135.

Длину участков и ширину элементов дороги в плане определяют также с помощью курвиметра типа КП-203, который представляет собой колесо окружностью 1,0 м, установленное на вилке с ручкой и соединенное зубчатой передачей со счетчиком. Измерение расстояния геометрической видимости поверхности дороги выполняют с помощью дорожного дальномера типа КП-213, устанавливаемого в автомобиле. Он состоит из кронштейна в виде шарового шарнира с тремя опорными стержнями и резиновыми присосками, в котором закрепляется микрометрический винт с марками либо планшет с номограммой и визирующей стрелкой.

Видимость может быть измерена также мерной лентой. Создано несколько образцов передвижных дорожных лабораторий паспортизации дорог, оснащенных приборами для измерения геометрических параметров. Наибольшее применение получил разработанный Саратовским филиалом Гипродорнии прибор «Трасса-1» и его модификация «Трасса-2», который входит в состав передвижной лаборатории (рис. 7.1)

Прибор КП-208 предназначен для измерения в движении и записи на диаграммную ленту углов поворота, продольных и поперечных уклонов, длины прямых и кривых.

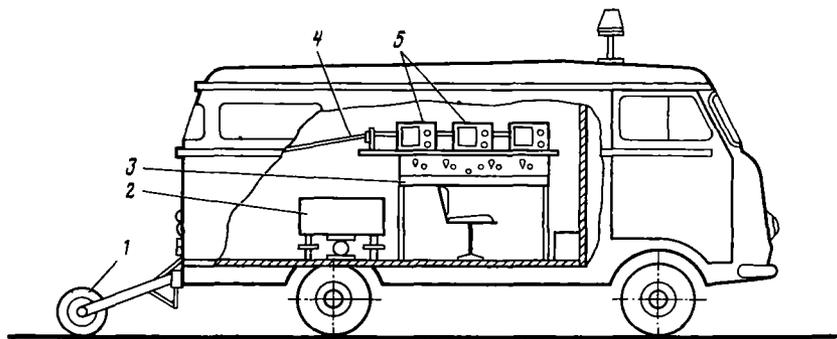


Рис. 7.1. Передвижная лаборатория с прибором КП-208:

1 – датчик пути (мерное колесо); 2 – блок гироскопических датчиков; 3 – пульт управления; 4 – гибкий вал (привод лентополотных механизмов в кареточном регистраторе); 5 – кареточные регистраторы

Обработка записей позволяет определять радиусы кривых в плане и параметры переходных кривых, радиусы выпуклых и вогнутых вертикальных кривых, видимость в продольном профиле и высотные отметки. На базе прибора КП-208 Саратовским филиалом Гипродорнии создана также информационно-измерительная система «Трасса», которая обеспечивает автоматизацию измерений не только параметров плана и профиля дороги, но и измерения ровности и коэффициента сцепления. Она является основной частью автоматизированной системы технической паспортизации дорог (АСТП АД). Скорость измерения лабораторией с прибором КП-208 и лабораторией АСП АД составляет 10–20 км/ч, а производительность – до 60 км в смену<sup>1</sup>.

Измерения проводят челночным способом в прямом и (для контроля) в обратном направлениях участками по 10–20 км. В процессе измерений регистрируют начало и конец каждого участка, характерные точки на дороге (километровые столбы, мосты, трубы, съезды, переезды, линии связи и электропередачи и др.).

В последнее время все большее распространение получает метод

<sup>1</sup> Технические указания по использованию прибора КП-208 для определения радиусов кривых и уклонов дорожных покрытий. М.: Изд. Гипродорнии, 1983. 25 с.

киносъемки, позволяющий получить информацию о состоянии покрытия, обустройстве дороги, выявить места с необеспеченной видимостью. Кинокамеру устанавливают в передвижной лаборатории под определенным углом к покрытию и в процессе движения производят покадровую съемку дороги. Одновременно в кадр вводится информация о скорости движения, пройденном пути и наличии киноплетки. Для съемки могут быть использованы кинокамеры «Киев-16Э», РФК-5 и РФК-1М с электрическим приводом. При камеральной обработке проявляют пленку, просматривают киноматериал на читательском аппарате «Микрофот» или киномонтажном столе. Геометрические параметры дефектов и разрушений покрытия определяют с помощью специальной масштабной сетки.

**Оценка состояния земляного полотна, водоотвода и обустройства дорог.** При оценке земляного полотна и системы водоотвода выполняют визуальный осмотр и инструментальное обследование характеристик грунта, необходимое для выяснения причин деформаций и разрушений, разработки мероприятий по их устранению.

Визуальная оценка состояния обочин включает:

а) на неукрепленных или укрепленных несвязным материалом и траво-

сеянием – проверку наличия колеи и ям, мест застоя воды, промоин, оползней грунта на приобочной полосе, переноса грунта с обочин на проезжую часть, просадок или вспученных мест, наличия деформаций или разрушений поверхности слоев укрепления, целостность травяного покрова;

б) укрепленных связными материалами – проверку наличия просадок, разрушений укрепления, особенно в местах стыковки с проезжей частью и у приобочной полосы, промоин, разрушений на приобочной полосе, сохранность поперечных уклонов. Вид деформаций, протяженность участков с отмеченными деформациями и их объем заносят в ведомость дефектов, здесь же дают рекомендации о местах проведения инструментальных обследований.

Визуальная оценка состояния откосов включает:

а) для укрепленных травосеянием – объем и характер разрушений травяного покрова, наличие и объем оплывов и сплывов грунта, промоин, участков с оползновыми явлениями, обрушений грунта, выноса грунта из откоса;

б) для укрепленных различными материалами и конструкциями – состояние конструкций укрепления, объем и вид деформаций и разрушений, определение эффективности использованного укрепления в данных грунтовых, гидрологических и климатических условиях.

Визуальная оценка водоотводных сооружений включает оценку целостности устройств, сохранности заданных геометрических форм, конструкций укрепления, стоковой способности. При этом выявляют места застоя воды, заиливания, засорения или зарастания боковых канав травой и кустарником, места оползания откосов или их размывы, отсутствие необходимых водоотводных сооружений.

При осмотре дренажных устройств отмечают места засорения устьев оплывшим по откосу грунтом, выбоины и трещины в дренах, засоре-

ния полости дрен, оседания отдельных звеньев, засорения отстойников, разрушения вокруг них грунтовой обсыпки. Особо тщательно осматривают выпуски из всех водоотводных сооружений с целью обнаружить начальные стадии размыва грунтов. Результаты визуальной оценки с рекомендациями по ликвидации деформаций и разрушений заносят в ведомость дефектов.

При инструментальной оценке определяют характеристики грунта (модуль упругости, сопротивление сдвигу, угол внутреннего трения, сцепление, коэффициент фильтрации, влажность, плотность, гранулометрический состав). По результатам инструментальных обследований устанавливают причины разрушений или деформаций земляного полотна и назначают мероприятия по восстановлению таких участков дороги.

**Оценка состояния элементов обустройства.** Ее проводят систематически и посезонно. При систематических осмотрах элементов обустройства, знаков, ограждений проверяют наличие этих элементов, соответствие их расстановки схеме дислокации, выявляют повреждения, дефекты, которые могут быть устранены на месте без применения машин и сложного оборудования, а также необходимость их очистки от пыли, грязи и т. д. При оценке разметки проверяют наличие и степень ее износа, соответствие схемы реальным условиям движения. При оценке состояния элементов благоустройства автомобильных дорог (остановки, автопавильоны, площадки отдыха, видовые площадки, стоянки автомобилей) выявляют поломки элементов оборудования и другие дефекты.

При сезонных осмотрах элементов обустройства дорог выявляют необходимость внесения изменений в размещении этих элементов в связи с сезонными изменениями условий движения или дооборудования, а также их ремонта или замены из-за значительного износа.

## 7.2. Методы и приборы для оценки прочности дорожных одежд

Для оценки прочности дорожных одежд проводят полевые испытания, как правило, в расчетный неблагоприятный по условиям увлажнения период года. Во II и III дорожно-климатических зонах это обычно апрель, когда происходит оттаивание грунта земляного полотна на глубину не более  $z_k = 0,75 z_{пр}$  (где  $z_{пр}$  – глубина промерзания, м).

К полевым относят испытания линейные и на контрольных точках. На каждом характерном участке, имеющем одинаковые состояния покрытия по видам дефектов, конструкцию дорожной одежды, грунт земляного полотна, тип местности по условиям увлажнения, интенсивность движения, назначают одну контрольную точку, на которой испытания начинают несколько раньше, чем линейные – в самом начале расчетного периода (см. гл. 4).

Испытания на контрольных точках осуществляют ежедневно, чтобы выявить закономерности изменения модуля упругости дорожной конструкции в расчетный период и привести результаты линейных испытаний, выполненных в различные дни, к сопоставимому виду.

Линейные испытания ведут равномерно вдоль обследуемой дороги по внешней полосе наката (1–1,5 м от кромки покрытия) по наиболее нагруженной полосе движения. Их начинают, когда по результатам испытаний на контрольных точках станет видна общая тенденция увеличения изо дня в день прогиба покрытия.

Характерный участок разделяют на отрезки длиной от 500 до 1000 м. На каждом отрезке проводят по 20 измерений, чтобы обеспечить достаточную точность. Для дорожных одежд нежесткого типа, рассчитанных на работу в стадии упругих деформаций, методы оценки прочности основаны на измерении упругого прогиба.

Модуль упругости дорожной одежды (МПа)

$$E_{у\text{общ}} = p(1 - \mu^2)/\lambda_y; \quad (7.1)$$

$$\lambda_y = l_y/D, \quad (7.2)$$

где  $p$  – удельное давление колеса на покрытие, МПа;  $\mu$  – коэффициент Пуассона;  $\lambda_y$  – относительная упругая деформация;  $D$  – диаметр круга, равновеликого диаметру следа колеса автомобиля, см;  $l_y$  – полная упругая деформация.

Методы измерения прочности одежд можно классифицировать: по условиям передачи нагрузок на одежду – статические и динамические; по условиям измерения прочности – дискретные с записью прогиба в одной точке и непрерывные с записью прогибов при движении в автоматическом режиме через некоторое расстояние, например 3–6 м.

К статическим относят метод штамповых испытаний и методы испытаний колесом автомобиля, к динамическим – методы испытаний падающими, ударными или вибрационными нагрузками. Штамповые испытания по методу ХАДИ [18, 20] ввиду их малой производительности выполняют лишь с целью послойного определения модуля упругости слоев дорожной одежды и грунта земляного полотна; для оценки прочности дорожных одежд их применяют редко.

Большее распространение получил метод статического дискретного измерения прогиба под сдвоенным колесом стоящего автомобиля с применением прогибомеров по методу МАДИ. В качестве нагрузки используют автомобили марок МАЗ-200, -205, -500, -503 и др., относящиеся к группе А. Из прогибомеров большее распространение получил длинноразовый прогибомер длиной 3,75 м, разработанный в Гипродорнии (рис. 7.2). Этот прогибомер под маркой КП-204 серийно выпускают заводы Минавтодора РСФСР. Прогиб покрытия измеряют на полосе наката проезжей части по центру между скатами сдвоенного колеса автомо-

бия. В каждом месте выполняют два-три измерения через 5–10 м.

Для этого прогибомер устанавливают так, чтобы шуп с подпятником разместился строго между скатами двоярного колеса груженого автомобиля точно по центру задней оси. Затем устанавливают клиновидную опорную подкладку на покрытие так, чтобы ее наклонная поверхность вошла в контакт с концом измерительного стержня индикатора. Выдерживают автомобиль на точке измерения до тех пор, пока отсчет по индикатору  $i_0$  не будет изменяться за 10 с более чем на 0,005 мм и записывают его в журнал. После этого автомобиль отъезжает вперед на расстояние не менее 5 м. Дождавшись, пока отсчет по индикатору  $i$  после отъезда автомобиля с точки измерения в течение 10 с не будет изменяться более чем на 0,005 мм, записывают его в журнал. Удвоенная разность отсчетов по индикатору до и после съезда автомобиля соответствует упругому прогибу дорожной одежды в данной точке (мм)

$$l_y = 2(i - i_0).$$

Получив значение упругого прогиба, по формуле (7.1) вычисляют общий модуль упругости одежды.

Разновидностью статического метода является измерение упругого прогиба с помощью высокоточного нивелира, установленного на расстоянии около 5 м от испытываемого места. Прогиб покрытия фиксируют по светящейся точке-марке, укладываемой между двоярными колесами автомобиля.

В СибАДИ и МАДИ разработана методика измерения прогиба одежды с применением фотоэлектропрогибомеров с использованием лазерного луча. Имеются установки, позволяющие измерять упругий статический прогиб с большой производительностью. Например, специальные подвесные прогибомеры применены на передвижной лаборатории Лакруа (Франция). Лаборатория движется со скоростью 2–3,5 км/ч и измеряет прогибы под каждым колесом задней оси автомобиля.

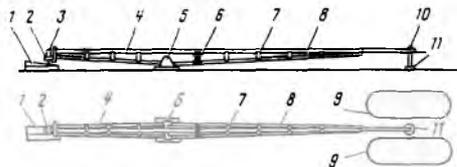


Рис. 7.2. Схема длиннорычажного прогибомера:

1 — клиновидная опорная подкладка; 2 — кронштейн; 3 — индикатор; 4 — измерительное плечо рычага; 5 — опорная часть; 6 — закрепительные болты; 7 — ребра жесткости; 8 — грузовое плечо рычага; 9 — колесо автомобиля; 10 — измерительный штырь; 11 — подпятник

В последние годы широкое распространение получили дискретные методы динамического нагружения. В установках динамического нагружения (УДН) груз сбрасывается с определенной высоты на амортизационное устройство из жесткой пружины или колеса. При этом создается кратковременное (0,2–0,4 с) динамическое нагружение, близкое к нагрузке от движущегося автомобиля. Схема и принцип действия установки динамического нагружения падающим грузом УДН-НК, разработанной в МАДИ д-р техн. наук Ю. М. Яковлевым, показаны на рис. 7.3. Груз 2, сбрасываемый по направляющей 1 на амортизирующее устройство 5, создает кратковременное усилие, которое через

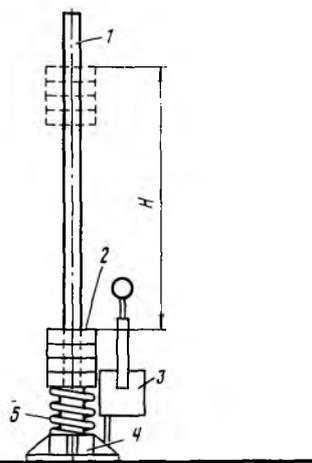


Рис. 7.3. Принципиальная схема установки динамического нагружения

штамп 4 действует на испытываемую дорожную одежду. Подъем груза, а также штампа осуществляют ручной или механической лебедкой. Для измерения упругой деформации одежды применяют вибрографы 3, записывающие испытания на бумажную ленту, или датчики перемещения с фиксацией деформации на осциллографе, магнитной ленте. Установка может быть навешена на кузов автомобиля. В модели УДН-НК груз сбрасывают не на жесткий штамп с пружиной, а на двоящее колесо, одновременно играющее роль амортизатора.

Кратковременное усилие во всех установках с падающим грузом изменяется во времени по закону, близкому к синусоиде. Наибольшее значение динамического усилия  $Q_d$  и длительность нагружения  $T_d$  вычисляют по приближенным формулам:

$$Q_d = Mg \sqrt{2H_r/\delta K}; \quad (7.3)$$

$$K_n = (1 + l/l)/2; \quad (7.4)$$

$$T = \pi \sqrt{\delta/g} \cong 0,1 \sqrt{\delta}, \quad (7.5)$$

где  $M$  – масса падающего груза, кг;  $g$  – ускорение свободного падения;  $H_r$  – высота падения груза, см;  $\delta$  – показатель,

характеризующий жесткость амортизатора;  $K_n$  – коэффициент, учитывающий потери энергии при сбрасывании груза (для наиболее распространенных случаев испытания дорожных одежд  $K_n = 0,9$ );  $l$  и  $l'$  – вертикальные деформации дорожной одежды от первого и второго удара (после подскока) при одном и том же сбрасывании, см.

Установка динамического нагружения УДН-НК принята за основу в передвижной лаборатории для определения прочности нежестких дорожных одежд КП-502 МП, разработанной МАДИ совместно с Гипродорожни и выпускаемой серийно предприятиями Минавтодора РСФСР (рис. 7.4).

Опытный образец установки непрерывного контроля прочности дорожных одежд УНК-1, разработанный в КАДИ, позволяет измерять радиус кривизны чаши прогибов над колесом движущегося автомобиля через каждые 1,75–3,50 м. УНК-1 оборудована штампом для статических испытаний прочности одежд. Дальнейшим развитием этого направления являются модели УНК-2-3 и -4, разработанные в КАДИ, однако до практического применения эти модели пока не доведены.

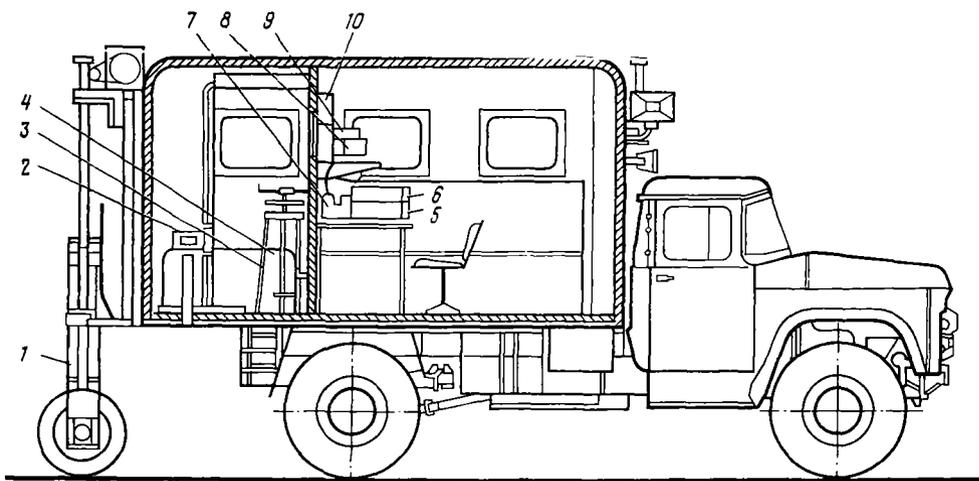


Рис. 7.4. Передвижная лаборатория КП-502 МП:

1 – установка динамического нагружения УДН-НК; 2 – буровой станок УКБ-12/25; 3 – сдвиговый прибор; 4 – бензоэлектрический агрегат; 5 – пульт управления УДН-НК; 6 – усилитель-согласователь, цифровой вольтметр, транскриптор; 7 – регистратор информации ЭУМ-23; 8 – виброизмерительное устройство; 9 – измеритель расстояний; 10 – блок автоматического управления подъемом и сбрасыванием груза

Саратовским филиалом Гипродорнии разработана и изготовлена автоматизированная установка динамического нагружения ДИНА-3М с жестким штампом (рис. 7.5), которая смонтирована на серийном прицепе ГАЗ-704 (табл. 7.1).

Между результатами испытания одежды разными методами имеются корреляционные связи. Например, между упругими прогибами дорожной одежды с асфальтобетонным покрытием, полученными при статических испытаниях колесом автомобиля с параметрами нагрузки группы А и кратковременным нагружением с использованием установки динамического нагружения падающим на штамп грузом  $l_d$ , имеется следующая зависимость (мм):

$$l_{ст} = \left( 0,3 \frac{h}{h_1} + 1,1 \right) l_d, \quad (7.6)$$

где  $h$  – толщина слоев из материалов, содержащих органическое вяжущее, мм;  $h_1 = 100$  мм – наиболее распространенная толщина слоев из указанных материалов.

Статический и динамический модули упругости связаны отношением  $a_d = E_{дин}/E_{ст}$ . По данным МАДИ приближенно для усовершенствованных капитальных покрытий оно составляет 1,6, облегченных – 1,55, покрытий переходного типа – 1,4.

Для дорожных одежд с цементобетонным покрытием при отсутствии объективных данных о размере требуемых модулей упругости допу-

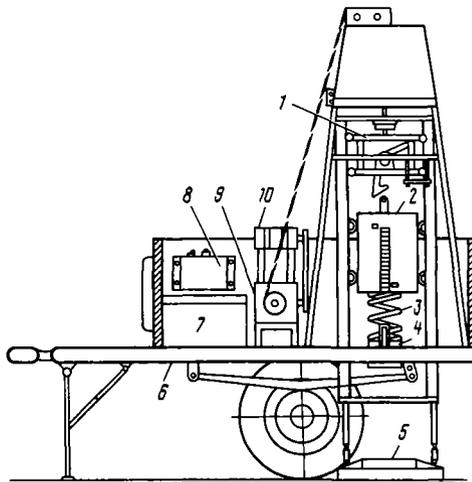


Рис. 7.5. Установка динамического нагружения ДИНА-3М:

1 – сцепные устройства; 2 – груз; 3 – пружина; 4 – датчик измерительной системы; 5 – штамп; 6 – прицеп ГАЗ-704; 7 – аккумуляторы 12СТ-132; 8 – блок автоматики; 9 – редуктор; 10 – электродвигатель

скается использовать в качестве показателя прочности значение растягивающего напряжения при изгибе покрытия. В этом случае прочность допускается оценивать путем сопоставления практической толщины покрытия с толщиной, требуемой Инструкцией по расчету жестких дорожных одежд.

Аналогичный подход может быть применен к оценке прочности дорожных одежд нежесткого типа при полном отсутствии приборов и установок для испытания прочности. В этом случае ориентировочная проч-

Таблица 7.1

Характеристика прибора	УНК-1	КП-502 МП (УДН-НК)	ДИНА-3М
Базовый автомобиль	КрАЗ-256	ЗИЛ-130	УАЗ-469 (прицеп ГАЗ-704)
Нагрузка на колесо или штамп, кН	50	50	50
Характер измерения прогиба Датчик измерения прогиба	Периодический Тензомер	Периодический ДВ-1С/аппаратура ВИ-6ТМ	Периодический Светофото- диоды, микро- процессор
Производительность в смену при линейных испытаниях, км	24	70	30

ность дорожной одежды может быть оценена расчетом. Для этого необходимо вскрыть дорожную одежду, определить толщину и характеристики каждого слоя и грунтов земляного полотна. Затем принять расчетные значения модулей упругости каждого слоя и по известной методике расчета прочности дорожных одежд нежесткого типа определить прочность.

### **7.3. Оценка ровности, шероховатости и сцепных качеств покрытий**

Для оценки ровности и сцепных качеств покрытий применяют сплошной или выборочный контроль.

*Сплошной контроль* осуществляется с применением высокопроизводительных передвижных лабораторий для обследования участков большой протяженности (более 1 км) при приемке построенных дорог в эксплуатацию, перед выполнением и после каждого ремонта.

*Выборочный контроль* используют при оценке ровности и сцепных свойств покрытий на сравнительно коротких участках (менее 1 км), на которых в процессе визуального осмотра установлено наличие неровностей и скользкости; применяют как передвижные лаборатории, так и портативные приборы.

В мировой практике известно более 50 конструкций приборов для измерения ровности покрытий. По принципу действия различают приборы: регистрирующие геометрические параметры неровностей – рейки, профилографы, виаграфы, уклонометры, профилометры, нивелиры и др.; импульсного действия, измеряющие колебания или перемещения отдельных элементов автомобиля – разные толчкометры, акселерометры; инерционного действия, динамически преобразующие продольный профиль дороги, – динамический преобразователь продольного профиля конструкции МАДИ и др. Кроме того, методы измерения ровности

можно разделить на контактные и бесконтактные, дискретные и непрерывные, простые и с анализирующими устройствами.

В СССР наибольшее распространение получил метод непосредственных дискретных измерений микропрофиля с помощью 3-метровой рейки с клином. Его применяют для контроля ровности при строительстве и для выборочного контроля ровности при эксплуатации дорог. Для повышения производительности вместо переносных применяют передвижные рейки типов ПКР-1, -3, а также многослойные рейки – профилографы типа ПКР-4М или профилометры типа ПКР-5.

Из приборов импульсного действия широкое распространение получил прибор косвенного измерения ровности покрытия – толчкомер ХАДИ, предложенный проф. А.К. Бируля. Модифицированная конструкция этого прибора (ТКХ-2 Казахского филиала Союздорнии) серийно выпускается предприятиями Минавтодора Казахской ССР (рис. 7.6). Толчкомер ТКХ-2 состоит из храповой муфты 4, соединенной с задним мостом автомобиля 8 гибким тросом 6, который намотан на барабан 5, жестко соединенный с храповой муфтой. Второй конец троса соединен с натяжной пружиной 7, прикрепленной к станине прибора на полу кузова автомобиля. При колебаниях кузова автомобиля и сжатия рессор натянутый трос проворачивает барабан и храповую муфту 4, этот поворот меняет показания счетного механизма 9. Показания счетного механизма печатаются на бумажной ленте электромагнитным механизмом, включаемым в нужный момент нажатием на кнопку 1 и включением электродвигателей 2 и 3. Измерения производят при скорости 50 или 60 км/ч с определенной загрузкой автомобиля. Отсчеты снимают через 1 км.

После первого проезда совершают второй, следуя по возможности по прежней траектории движения. Если разница между первым и вторым

проездами превышает 25 см/км, выполняют третий проезд по участкам, на которых сходимость показателей оказалась неудовлетворительной. После обработки результатов измерений вычерчивают график ровности покрытия (рис. 7.7). На этот график наносят также предельно допустимые значения показаний по толчкомеру.

Следует иметь в виду, что толчкомером определяют не истинную, а условную ровность поверхности, так как сумма прогибов (сжатия) рессоры при проезде автомобилем данного участка зависит не только от состояния покрытия, но и от свойств подвески автомобиля, нагрузки. Толчкомер, установленный на автомобилях разных марок, дает разные показатели.

На этом же принципе основаны электронный толчкомер МАДИ, Казахского филиала Союздорнии (ЭТ-1), толчкомеры КАДИ и др. Толчкомеры используют для сплошного контроля ровности.

Более совершенны приборы инерционного действия - прицепные ровномеры МАДИ и Союздорнии. Они имеют измерительное колесо, нагруженное сравнительно тяжелой массой и совершающее совместно с ним колебания относительно общего центра.

Перемещения системы колесо-масса служат характеристикой ровности.

В СССР для сплошного контроля ровности за эталонный прибор принят динамометрический прицеп ПКРС-2У, разработанный Союздорнии. Эта лаборатория выпускается под маркой КП-511 и предназначена для измерения ровности и коэффициента сцепления. Она состоит из специально оборудованного автомобиля (типов УАЗ, РАФ, ЕрАЗ) и одноколесного прицепа с мягкой подвеской, на котором установлены датчики для измерения ровности и тормозной силы. В кузове автомобиля смонтированы управление, измерительная и регистрирующая аппаратура, бак с водой для поливки

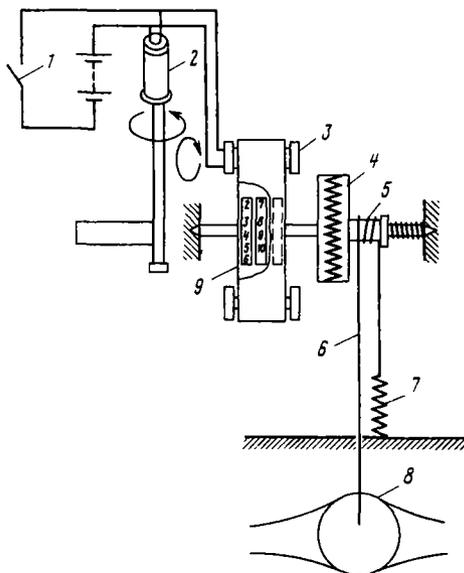


Рис. 7.6. Схема толчкомера ТКХ-2 конструкции Казахского филиала Союздорнии

при измерении коэффициента сцепления покрытия (рис. 7.8).

Ровность измеряют во время проезда с постоянной скоростью в 60 км/ч с допустимым отклонением  $\pm 2$  км/ч. По результатам измерения вычисляют средние отклонения и соответствующие им значения показателя ровности.

*Шероховатость дорожного покрытия* можно измерять различными приборами, основанными на лазерном, ультразвуковом, стереофотограмметрическом и других методах, простейшими приборами типа игольчатого прибора Союздорнии ПКШ-4 (рис. 7.9), а также методом песчаного пятна.

При применении микропрофилографа или игольчатого прибора ПКШ-4 шероховатость покрытия оценивают по средней высоте выступов, среднему расстоянию между вершинами и углам при вершине выступов. На каждом участке намечают не менее трех створов на расстоянии 5-10 м друг от друга и в пределах каждого выполняют не менее трех измерений (на наружной и внутренней полосах наката, на оси

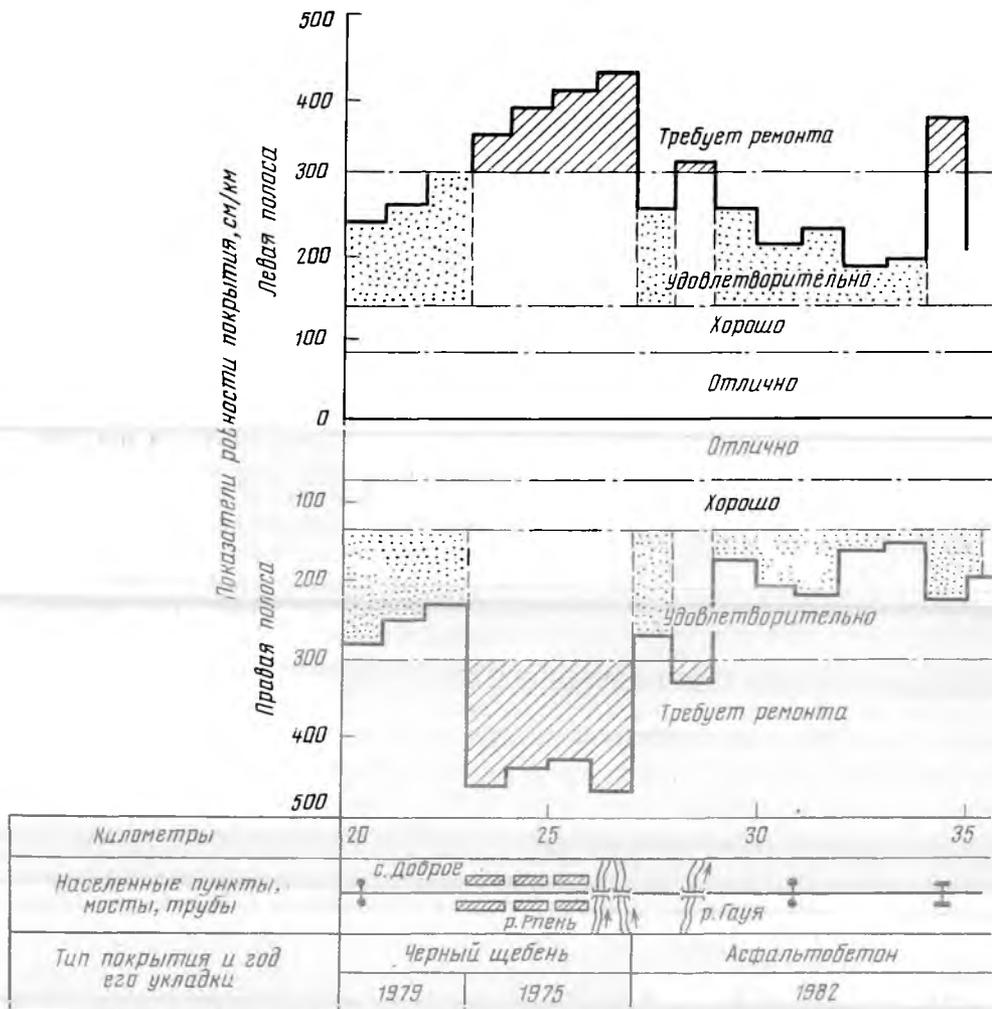


Рис. 7.7. Линейный график ровности покрытия

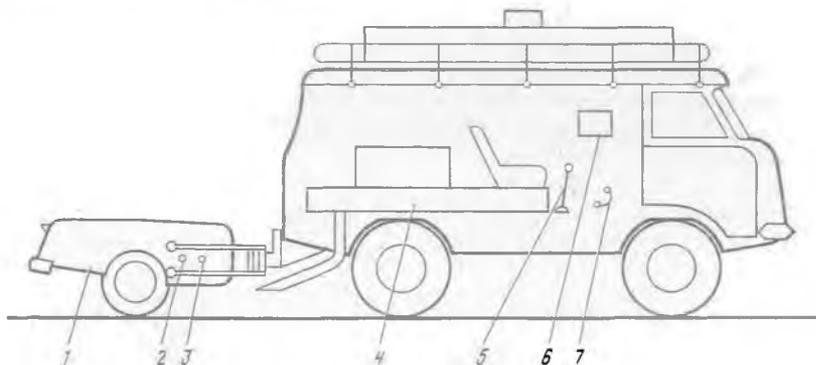


Рис. 7.8. Лаборатория КП-511 для оценки ровности и коэффициента сцепления:

1 - прицеп ПКРС-2У; 2 - датчик сцепления; 3 - датчик ровности; 4 - бак для воды; 5 - ручка управления поливом; 6 - блок записи измерений; 7 - педаль тормоза

проезжей части). Микропрофилографом или прибором ПКШ-4 измеряют шероховатость в каждом месте дважды: первый раз при установке прибора вдоль оси дороги и второй – перпендикулярно к ней. При расхождении в результатах более чем на 10% выполняют еще одно измерение, располагая прибор под углом 45° к оси дороги.

Для измерения шероховатости методом песчаного пятна из мерного стаканчика на покрытие высыпают горкой 25 или 50 см<sup>3</sup> мелкозернистого песка. Линейкой или плоским диском распределяют песок по кругу до тех пор, пока нижняя плоскость линейки не начнет касаться выступов шероховатости и весь песок не заполнит впадин в покрытии (рис. 7.10).

Затем измеряют диаметр круга по четырем взаимно перпендикулярным направлениям и определяют среднеарифметический диаметр, по которому находят среднюю глубину впадин шероховатости (см)

$$\Delta_{\text{ср}} = 4 v_{\text{п}} / \pi D^2,$$

где  $v_{\text{п}}$  – объем песка, см<sup>3</sup>;  $D$  – средний диаметр круга, см.

На этом же принципе основан переносной малогабаритный прибор для измерения шероховатости покрытий, разработанный инж. Ю. С. Карихом (Гипродорнии). Прибор представляет собой металлический цилиндр, в который помещены шарики и магнит. В цилиндре перемещается поршень со штоком, соединенным с измерительной линейкой. Снизу цилиндр закрыт заслонкой, которую после установки на покрытие открывают. Под нажатием поршень перемещается вниз, шарики заполняют впадины шероховатости. Отсчеты по линейке дают возможность получать среднюю высоту выступов шероховатости и глубину пустот.

Приборы для определения коэффициента сцепления шины с покрытием могут непосредственно измерять коэффициенты сцепления или косвенно оценивать по данным о шероховатости покрытия. Для не-

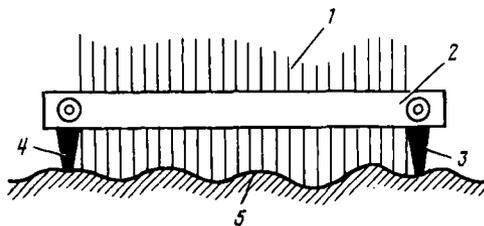


Рис. 7.9. Прибор Союздорнии ПКШ-4:  
1 – иглы; 2 – зажимная планка; 3, 4 – опоры; 5 – поверхность покрытия

посредственного измерения в полевых условиях широко применяют различные динамометрические тележки – одно- или двухколесные прицепы. Определение коэффициента сцепления в этом случае основано на измерении динамометром или динамографом максимальной тангенциальной реакции, возникающей в зоне контакта шины заторможенного колеса с покрытием,

$$T = \phi Q, \quad (7.7)$$

где  $T$  – тангенциальная сила;  $Q$  – масса тележки.

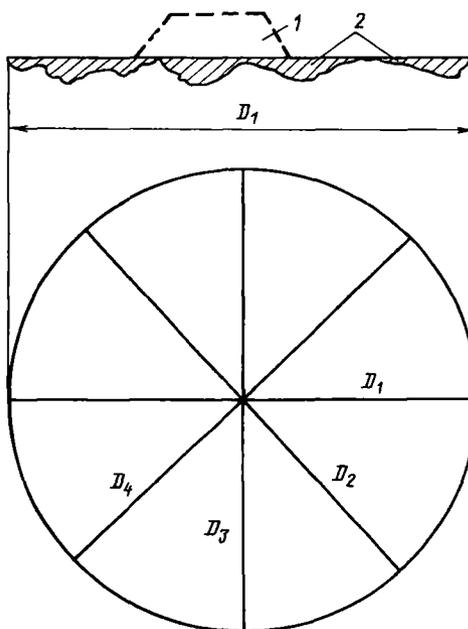


Рис. 7.10. Определение шероховатости покрытия методом песчаного пятна:

1 – горка песка до разравнивания; 2 – песок после разравнивания

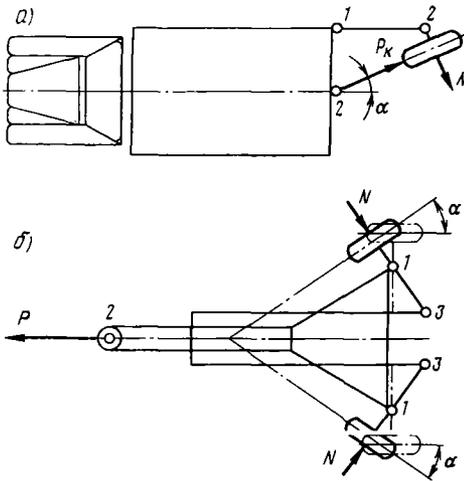


Рис. 7.11. Схема устройства динамометрических прицепов для измерения коэффициента поперечного сцепления:

*a* – однокошесная тележка (МАДИ); *б* – двухкошесная тележка (Франция); *1* – шарнирное соединение; *2* – динамограф; *3* – мембрана давления; *P* – сила тяги; *N* – поперечная сила

В СССР для определения коэффициента сцепления за базовую установку принята динамометрическая тележка ПКРС-2У (или КП-211), которая позволяет определить  $\phi$  путем измерения тензометрическим датчиком реактивного тормозного момента на опорном диске колеса. Для увлажнения покрытия под колесом прицепа имеется бак и устройство для нормированной подачи воды на покрытие.

Коэффициент сцепления установкой ПКРС-2У определяют в три эта-

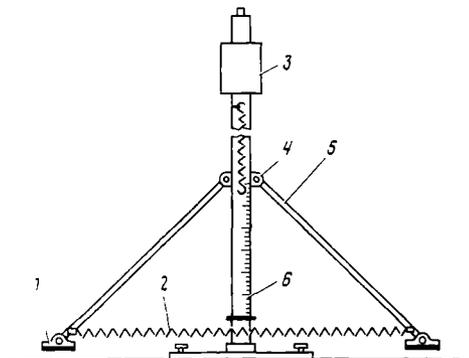


Рис. 7.12. Портативный прибор для оценки скользкости покрытий

па: визуальный осмотр и оценка поверхности покрытия, регистрация границ участков с однородными покрытиями, выбор мест измерения и мероприятий по обеспечению безопасности проведения измерений; подготовка автомобиля и прибора к измерениям (проверка технического состояния автомобиля, подключение установки и устройства для полива водой, опробование прибора и подготовка журнала для регистрации измерений и основных данных об участке); собственно измерения.

Коэффициент сцепления измеряют на каждой полосе движения при скорости автомобиля-лаборатории в 60 км/ч путем полного затормаживания измерительного колеса прицепа прибора. Измерительное колесо должно быть оборудовано шиной размером 6,45–13 с внутренним давлением воздуха 0,17 МПа и иметь протектор без рисунка. Вертикальная нагрузка на измерительное колесо должна составлять 3 кН. В момент измерения толщина водной пленки на покрытии должна быть не менее 1 мм.

На каждом участке проводят не менее трех измерений. Если разница между показаниями превышает 0,05, проводят дополнительные измерения. За коэффициент сцепления принимают среднее арифметическое из трех или пяти измерений. Полученные значения коэффициента сцепления при фактической температуре воздуха необходимо приводить к расчетной температуре + 20 °С путем введения поправки:

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

В МАДИ, КАДИ, Казахском филиале Союздорнии и ряде других организаций разработаны модификации динамометрических приборов для измерения коэффициентов сцепления. Для измерения коэффициента поперечного сцепления применя-

ют тележки, которые воссоздают условия качения колеса при действии боковой силы и имитируют занос автомобиля без торможения (рис. 7.11).

На пересечениях, у пешеходных переходов и в других местах вероятного возникновения дорожно-транспортных происшествий скользкость покрытий оценивают портативными (малогабаритными) приборами. Канд. техн. наук Ю. В. Кузнецов разработал портативный прибор ударного действия (ППК-МАДИ), который принят к серийному производству. Он основан на использовании энергии падающего груза для перемещения имитаторов шин 1 (рис. 7.12), находящихся на 10–12 мм выше покрытия. При падении груза 3 он ударяет о муфту 4, которая заставляет толкающие тяги 5 преодолевать сопротивление пружины 2 и вынуждать имитаторы шин 1 скользить по покрытию. Конечное перемещение имитаторов, характеризующее скользкость покрытия, определяют по шкале на опорной штанге 6. Результаты измерений портативными приборами должны приводиться к показаниям ПКРС-2У путем сопоставительных корреляционных испытаний.

## Глава 8

### КЛАССИФИКАЦИЯ И ПЛАНИРОВАНИЕ РАБОТ ПО СОДЕРЖАНИЮ И РЕМОНТУ ДОРОГ

#### 8.1. Классификация и состав работ по содержанию и ремонту дорог

**Классификация работ.** Дорожные организации ежегодно выполняют большой объем работ по содержанию и ремонту автомобильных дорог. Одни из них выполняют систематически или через определенные промежутки времени на всей протяженности дороги, другие – периодически на отдельных участках по мере

накопления деформаций и повреждений.

Цель работ состоит в обеспечении круглогодичного непрерывного, удобного и безопасного движения автомобилей со скоростями и нагрузками, соответствующими требованиям строительных норм и правил, а также технических правил ремонта и содержания для данной категории дороги. Особое место в комплексе дорожно-ремонтных работ принадлежит уходу за дорогой, выявлению и исправлению мелких повреждений в течение года и всего срока службы дороги.

Дорога эксплуатируется многие десятки лет. За эти годы характеристики автомобилей и состав транспортных потоков, в расчете на пропуск которых проектировалась и строилась дорога, изменяются коренным образом. Поэтому в процессе ремонта требуется не только восстановить проектные параметры дороги, но и привести их в соответствие с новыми требованиями, т.е. повысить их, что для большинства сооружений считается реконструкцией. Исходя из особенностей функционирования дорог установить четкую границу между ремонтом и реконструкцией затруднительно.

*Реконструкция дорог* – полная перестройка дороги и дорожных сооружений с доведением ее геометрических параметров до норм более высокой категории в соответствии с требованиями нормативно-технических документов. Реконструкция не входит в систему мероприятий по содержанию и ремонту дорог. Соответственно все работы, связанные с переводом дороги в более высокую категорию, относят к реконструкции.

Работы по сохранению, восстановлению и улучшению параметров и характеристик дороги в пределах требований, установленных нормами для данной категории дороги, относят к ремонту. При этом категорией ремонтируемой дороги считают категорию, установленную утвержденной технической документацией

ей при ее строительстве или реконструкции. Деление работ по видам ремонта и содержания устанавливается классификацией. До 1988 г. в СССР действовала единая Инструкция по классификации работ по ремонту и содержанию автомобильных дорог общего пользования, в которой все работы были разделены на капитальный, средний, текущий ремонты и содержание дорог. В настоящее время право разрабатывать и утверждать классификацию работ по ремонту и содержанию автомобильных дорог предоставлено дорожным министерствам и ведомствам союзных республик. Во многих из них сохранено ранее действующее деление на четыре вида [25], хотя внесены изменения и дополнения по видам и объемам работ. Например, Минавтодор КазССР утвердил в 1988 г. классификацию дорожно-ремонтных работ с разделением их на капитальный, средний, текущий ремонты и содержание, включая зимнее содержание и озеленение.

Минавтодор РСФСР утвердил Временную классификацию работ по ремонту и содержанию автомобильных дорог общего пользования, в которой выделены два вида работ: ремонт и содержание. При этом понятие «ремонт дорог» включает в себя основное содержание бывших капитального и среднего ремонтов, а понятие «содержание дорог» включает основной состав работ бывшего текущего ремонта и содержание дорог. Соответственно установлены задачи ремонта и содержания.

*Ремонт* автомобильных дорог – комплекс работ по возмещению износа покрытия, улучшению его ровности, сцепных качеств и шероховатости, усилению и уширению дорожной одежды, земляного полотна и сооружений; восстановлению изношенных конструкций и деталей или их замене на более прочные и экономичные, а также по инженерному оборудованию и обустройству дорог.

Задача ремонта состоит в восстановлении, повышении транспортно-

эксплуатационных качеств автомобильных дорог и сооружений, в приведении их геометрических параметров, прочностных и других технических характеристик в соответствие с требованиями, предъявляемыми к дороге данной категории. Ремонт должен проводиться комплексно, т.е. надо ремонтировать одновременно все сооружения и элементы дороги, требующие этого. Например, нельзя допускать ремонта только проезжей части путем укладки нового слоя покрытия, не ремонтируя при этом обочины или искусственные сооружения, если это требуется. Ремонт дорог можно разделить на два подвита: ремонт с восстановлением слоя износа покрытия и ремонт с усилением дорожной одежды (дорожной конструкции).

Виды работ и их объемы устанавливаются на основе оценки фактического состояния, периодических осмотров и инструментальных обследований дорог и сооружений. Протяженность автомобильных дорог, подлежащих ремонту в целом по союзной или автономной республике, краю и области, может быть определена по межремонтным срокам службы дорожных одежд (см. п. 8.2). На ремонт дорог и сооружений составляют проектно-сметную документацию.

*Содержание дорог* это выполняемый в течение всего года (с учетом сезона) комплекс работ по систематическому уходу за дорогой, сооружениями и полосой отвода, содержанию их в чистоте и порядке, устранению мелких деформаций и повреждений конструктивных элементов дорог и дорожных сооружений, а также по организации и регулированию движения. Основная задача содержания дорог состоит в предупреждении деформаций и разрушений, поддержании и повышении транспортно-эксплуатационных качеств дорог и уровня организации движения для обеспечения удобного и безопасного движения. Работы по содержанию выполняют на основе ведомости дефектов состояния до-

рог и оценки качества их содержания.

Классификацией дорожно-ремонтных работ для каждого вида ремонта и содержания установлен конкретный перечень работ по следующим основным элементам: земляному полотну, дорожным одеждам, искусственным сооружениям, дорожным устройствам, обстановке, организации и безопасности движения, линейным зданиям и подсобным сооружениям.

**Состав работ по ремонту дорог и сооружений.** *Земляное полотно и водоотвод:* исправление в плане, продольном и поперечном профиле; перестройка пучинистых, оползневых участков, устройство дренажей, изолирующих прослоек и другие работы, обеспечивающие устойчивость земляного полотна; укрепление обочин, осуществление противолавинных мероприятий; восстановление, переустройство существующих, а также постройка новых водоотводных канав; берегозащитных и противозерозионных сооружений, ливневой канализации; строительство земляного полотна и водоотвода на пересечениях (в том числе в разных уровнях), на площадках для остановки автомобилей и отдыха, тротуарах, пешеходных и велосипедных дорожках, подъездных дорогах к зданиям дорожно-ремонтной службы и объектам сервиса; рекультивация придорожных резервов и ликвидируемых участков и дорожных сооружений; изыскание и освоение карьеров грунта и местных материалов для производства ремонтных работ, устройство к ним подъездов и железнодорожных тупиков и другие работы.

*Дорожные одежды:* усиление и уширение в пределах норм ремонтируемой дороги, включая уширение на одну полосу движения с устройством дорожной одежды на подходах к городам, где уровень загрузки и показатель аварийности превышают допустимые пределы; на подъемах и спусках и других участках, не отвечающих требованиям сложив-

шегося движения. В порядке исключения по разрешению министерства на таких участках проезжая часть может быть уширена на две полосы. При ремонте строят более совершенные типы покрытий, дорожную одежду на пересечениях, примыканиях, площадках для остановки автомобилей и отдыха, тротуарах, пешеходных и велосипедных дорожках, подъездах к зданиям дорожно-ремонтной службы, объектам сервиса и примечательным местам; строят виражи на кривых; восстанавливают изношенные верхние слои асфальтобетонных и цементобетонных покрытий, в том числе способами терморегенерации и термопрофилирования, устраивают поверхностные обработки и другие слои износа; восстанавливают и строят вновь укрепительные полосы; укрепляют обочины, производят замену, подъемку или выравнивание отдельных плит цементобетонных покрытий и другие работы.

*Искусственные сооружения:* полная или частичная перестройка или строительство вновь водопропускных труб, а также мостов и путепроводов длиной до 60 м; замена деревянных мостов на водопропускные трубы; восстановление и замена тротуарных блоков, ограждений, деформационных швов; ремонт гидроизоляции; восстановление или строительство системы водоотвода; усиление и уширение мостов и путепроводов с доведением их габаритов и грузоподъемности до расчетных нагрузок; замена, восстановление, антисептирование, окраска и нанесение защитных покрытий пролетных строений и опор; устранение дефектов, заделка трещин, раковин опор и устоев; восстановление и строительство подпорных стен, противолавинных галерей, защитных, укрепительных и регуляционных сооружений; ремонт тоннелей и другие работы.

*Дорожные устройства, обстановка, организация и безопасность движения:* устройство посадочных площадок и автопавильонов на автобусных остановках, туалетов, площадок

у объектов сервиса, площадок для отдыха и остановки, стоянок автомобилей с обзорными ямами или эстакадами; переходно-скоростных полос и островков безопасности; пешеходных переходов, тротуаров, пешеходных и велосипедных дорожек; архитектурное и художественное оформление, благоустройство дорог, ее участков и элементов; восстановление и установка вновь ограждений, направляющих устройств, дорожных знаков, вертикальной и горизонтальной разметки; создание новых и переустройство технических средств организации и регулирования движения на пересечениях дорог, электроосвещения на отдельных участках, линейной телеграфной (телеграфной) или радиосвязи, технологической и сигнально-вызывной связи; устройство пунктов учета движения, снегомерных, водомерных и других постов для изучения работы дороги; восстановление лесопосадок, рубка ухода, создание снегозащитных лесных полос и изготовление средств снегозащиты; строительство баз противогололедных материалов; обследование, испытания и диагностика состояния дорог и искусственных сооружений, другие работы.

*Линейные здания и подсобные сооружения:* работы по ремонту или замене основных элементов (стен, перекрытий, фундаментов, инженерных сетей и благоустройства).

**Состав работ по содержанию дорог и сооружений.** *Земляное полотно и водоотвод:* исправление поврежденных, прочистка водоотводных канав, исправление дренажных, защитных и укрепительных устройств, подводящего и отводящего русла мостов и труб; подсыпка и планировка обочин; подсыпка небольших по протяженности участков земляного полотна на сырых или снеготаяющих местах, ликвидация небольших пучинистых участков; планировка откосов насыпей и выемок с засевом травой; скашивание травы и вырубка кустарника на обочинах, откосах и обрезах, содержание в чистоте полосы отвода; расчистка обвалов,

оползней, осыпей, камнепадов и селевых выносов; ликвидация «диких» съездов; уход за насаждениями и борьба с вредителями и болезнями растений.

*Дорожные одежды:* восстановление изношенных верхних слоев покрытий и укладка их вновь на небольших по протяженности участках; заделка выбоин, колеи, исправление просадок, кромок; заливка трещин на асфальтобетонном покрытии, ремонт и заполнение швов в цементобетонных покрытиях; восстановление профиля щебеночных и гравийных покрытий; профилирование, укрепление грунтовых дорог щебнем, гравием, шлаком, цементом, битумом и другими материалами; обеспыливание дорог; очистка покрытий от пыли, грязи, снега, устранение скользкости; уход за пучинистыми и слабыми участками, открытие и закрытие воздушных воронок.

*Искусственные сооружения:* исправление небольших повреждений отдельных элементов, окраска металлических мостов; очистка мостов и водоотводных труб от грязи, очистка и укрепление подводящего и отводящего русла, пропуск ледоходов и паводковых вод, уборка снега и льда; открытие и закрытие отверстий малых мостов и труб; предупредительные работы по защите дорог и сооружений от наводнения, заторов и лесных пожаров; содержание и обслуживание паромных переправ, наплавных мостов; оборудование и содержание ледовых переправ и другие работы.

*Дорожные устройства, обстановка, организация и безопасность движения:* замена и установка недостающих дорожных знаков, ограждений и панно; ремонт беседок, скамеек, окраска обстановки и обустройства дороги; содержание в порядке автобусных остановок, площадок отдыха, беседок и т.д.; обновление вертикальной и горизонтальной разметки; уход за освещением, средствами технической связи дорожных организаций, регулирова-

ния и организации движения; учет движения и другие наблюдения, необходимые для правильной организации службы по содержанию дорог; технический учет, инвентаризация и паспортизация дорог и дорожных сооружений; организация службы связи; сторожевая и пожарная охрана дорог и дорожных сооружений; ограничение движения транспорта в весенне-осеннюю распутицу; установка, разборка и ремонт временных снегозадерживающих устройств; борьба со скользкостью и наледями, лавинными отложениями, создание и уборка снежных валов и траншей для задержания снега, патрульная снегоочистка; выращивание и уход за лесопосадками и саженцами, засев разделительной полосы.

*Линейные здания и подсобные сооружения:* окраска, побелка; вставка стекол, ремонт перегородок, стен, полов, потолков и т. д.; систематический уход за линейными зданиями, надворными постройками и подсобными сооружениями; очистка туалетов; устройство артезианских колодцев, источников питьевой воды и содержание их в чистоте и другие работы.

**Определение видов работ на основе комплексной оценки дорог.** Виды ремонтов и состав работ по ремонту и содержанию дорог, предусмотренные классификацией, дополняют друг друга и представляют единую систему мероприятий, направленную на обеспечение эксплуатационных

качеств дорог в соответствии с требованиями движения (рис. 8.1). Эта система основана на принципе, что каждой степени обеспечения требований движения соответствует наиболее экономически эффективный в данных условиях вид ремонта. Поэтому при планировании ремонтных работ первый шаг — сначала назначить вид ремонта на каждом участке, а затем состав и объемы работ. Основным критерием для назначения вида ремонта считают показатель прочности дорожной одежды. Однако в современных условиях равное с ним значение приобрели и другие показатели состояния дорог. Поэтому в основу планирования ремонтных работ положена оценка всего комплекса показателей (табл. 8.1). При достижении любым из них минимально допустимых значений ремонт назначают независимо от других показателей.

Работы по содержанию выполняют ежегодно на всей протяженности дороги. Виды и объемы этих работ на каждом участке зависят от состояния дороги и периода года. Сложнее выбрать участки для выполнения ремонтных работ.

Ремонт с восстановлением слоя износа может потребоваться на участке, где при достаточной прочности дорожной одежды покрытие не обеспечивает требуемых сцепных качеств, из-за чего снижается показатель обеспеченности расчетной скорости и безопасности движения. Ремонт с

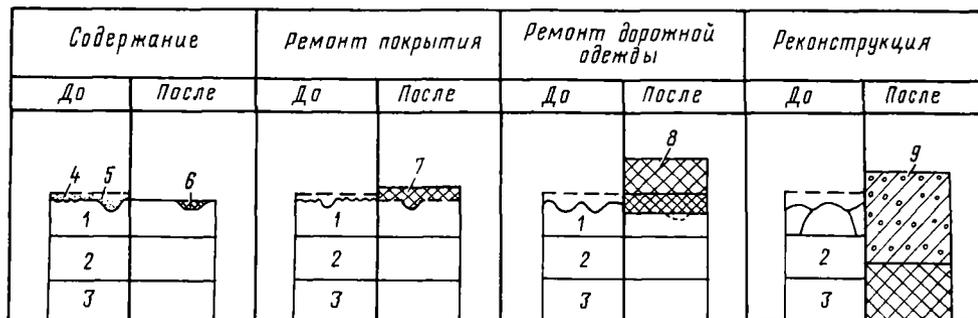


Рис. 8.1. Схема ремонтов дорожной одежды:

1 — покрытие; 2 — основание; 3 — дополнительный слой основания; 4 — слой пыли; 5 — выбоина; 6 — ямочный ремонт; 7 — поверхностная обработка; 8 — слой усиления; 9 — новая дорожная одежда

Таблица 8.1

Показатель	Содержание	Ремонт		Реконструкция
		с восстановлением слоя износа	с усилением дорожной одежды	
$K_{p,c}$	0,75–1,0	0,5–0,75	$\leq 0,5$	$< 0,5$
$K_{np}$	$\geq 1$	$\geq 1$	$< 0,8$	$< 0,8$
$K_p$	$\geq 1$	$\leq 1$	$< 1$	$\geq 1$
$K_c$	$\geq 1$	$< 1$	$\geq 1$	$\geq 1$
$K_{итог}$ (кроме дорог в горной местности)	10–20	30–40	$> 40$	$> 40$

Примечание. В рамках приведены значения показателей, при которых данный вид ремонта выполняют независимо от значения других показателей.

усилением необходим не только на участках, где прочность дорожной одежды не обеспечивает пропуск автомобилей с расчетной нагрузкой, но и там, где ровность покрытия нельзя улучшить без укладки выравнивающего слоя и слоя покрытия. Введение требований к допустимому уровню обеспеченности расчетной скорости означает, что ремонт может быть назначен и на участках, где дорожная одежда обладает высокой прочностью, ровностью и сцепными качествами, но геометрические параметры (ширины проезжей части, радиусы кривых в плане, продольные уклоны и т. д.) не отвечают требованиям движения. Аналогичное положение может сложиться и для обеспечения безопасности движения. Пренебрежение требованиями комплексной оценки при назначении ремонта или выполнение ремонтных работ не во всем комплексе приведет к неэффективной трате средств. Так, устройство шероховатого покрытия без одновременного укрепления грунтовых обочин, въездов и переездов бесполезно, поскольку занесенная на покрытие грязь снизит сцепные качества до минимального уровня.

Состав и объемы ремонтных работ назначают на основе тщательного анализа причин снижения основных показателей дороги. В перечне должны быть предусмотрены мероприятия и работы, выполнение

которых устранил эти причины. Следует иметь в виду, что при ремонте дороги выполняют и работы, входящие в состав содержания. Если в ближайшие год-два планируют реконструкцию, ремонт дороги не производят.

## 8.2. Работоспособность и критерии назначения ремонтных работ

Под работоспособностью понимают свойство дороги обеспечивать безопасное движение автомобилей заданной интенсивности с установленными нагрузкой, скоростями [12, 20] и пропускной способностью. В целом дорога работоспособна, когда показатели обеспеченности расчетной скорости, прочности дорожной одежды, относительной скользкости и безопасности движения больше установленных пределов, а показатель уровня загрузки, ровности покрытия и аварийности меньше установленных пределов, т. е. показателем работоспособности дороги считают систему следующих условий:

$$K_{p,c} \geq [K_{p,c}]; \quad z \leq [z];$$

$$K_{np} \geq [K_{np}]; \quad K_s \leq [K_s];$$

$$K_\varphi \geq [K_\varphi]; \quad K_a \leq [K_a].$$

Минимально допустимые пределы этих показателей служат техническими критериями назначения ре-

монта или реконструкции дороги. Работоспособность дороги может быть измерена сроком ее службы или числом пропущенных автомобилей за срок службы.

Период времени в годах от момента сдачи дороги в эксплуатацию до реконструкции или между реконструкциями является *сроком службы дороги* данной категории. Срок службы характеризуется периодом, по истечении которого параметры и характеристики дороги перестают удовлетворять возросшим требованиям движения настолько, что становится технически невозможно или экономически невыгодно приводить ее в соответствие с этими требованиями средствами содержания и ремонта, необходима реконструкция дороги.

Работоспособность дороги по числу пропущенных автомобилей (млн. автомобилей)

$$P_d = 365N_{cp}T_p, \quad (8.1)$$

где  $N_{cp}$  – среднегодовая среднесуточная интенсивность движения, авт./сут;  $T_p$  – срок службы дороги до реконструкции, годы.

Если известна только начальная интенсивность, а рост ее во времени происходит в геометрической прогрессии, то работоспособность дороги

$$P_d = [365N_1(1+q)^{T_d} - 1]/q, \quad (8.2)$$

где  $N_1$  – среднесуточная интенсивность за первый год эксплуатации дороги, авт./сут;  $(1+q)$  – знаменатель геометрической прогрессии;  $q$  – коэффициент ежегодного прироста интенсивности движения;  $T_d$  – срок службы дороги, годы.

**Работоспособность дорожной одежды** – это ее свойство обеспечивать безопасное движение автомобилей заданной интенсивности с установленными скоростями и осевыми нагрузками. Дорожная одежда работоспособна, если она обеспечивает требования  $K_{p,c}$ ,  $K_{np}$ ,  $K_\phi$ ,  $K_s$  и  $K_a$ .

*Критерием для назначения ремонта дорожной одежды* служит такое ее состояние, при котором прочность настолько мала, что становится экономически неэффективным

поддерживать эксплуатационные качества проезжей части на требуемом уровне средствами содержания. Таким образом, этот критерий можно считать экономическим.

Работоспособность дорожной одежды измеряется сроком ее службы или суммарной массой  $t$  брутто всех автомобилей, прошедших за срок службы дорожной одежды (млн  $t$  брутто)

$$P_o = B_{cp}T_o, \quad (8.3)$$

где  $B_{cp}$  – среднегодовая грузонапряженность, вычисленная по средней интенсивности и составу движения;  $T_o$  – межремонтный срок службы дорожной одежды, годы.

Если известна грузонапряженность в исходном году  $B_1$ , а показатель ежегодного роста интенсивности движения соответствует геометрической прогрессии  $q$ , можно пользоваться формулой

$$P_o = B_1(q^{T_o} - 1)/(q - 1). \quad (8.4)$$

**Работоспособность покрытия** – его свойство обеспечивать безопасное движение автомобилей с заданными скоростями. Покрытие работоспособно, если обеспечивает требования  $K_{p,c}$ ,  $K_s$ ,  $K_\phi$  и  $K_a$ .

*Критерием назначения ремонта покрытия* является такое его состояние, при котором ровность, шероховатость, сцепные качества, износ или один из этих показателей достигли таких значений, что становится невозможным или экономически нецелесообразным поддерживать покрытие на требуемом уровне  $K_{p,c}$ ,  $K_s$ ,  $K_\phi$  и  $K_a$  средствами содержания.

Чтобы довести эти показатели до требуемого уровня, нужно улучшить ровность, шероховатость и сцепные качества покрытия. Обычно это достигается укладкой нового слоя износа или поверхностной обработки.

Работоспособность дорожного покрытия  $P_n$  вычисляют так же, как и работоспособность дорожной одежды, по формулам (8.3) и (8.4).

В табл. 8.2 приведены средние данные о работоспособности дорожной одежды и покрытия на дороге с шириной проезжей части – 6–7 м.

Таблица 8.2

Дорожная одежда и покрытие	$P_0$ , млн. т брут- то	$P_n$ , млн. т брут- то
Цементобетонные	80	20
Асфальтобетонные на щебе- ночном и цементобетонном основаниях	40	10
Покрытие из щебня, обра- ботанного органическим вяжу- щим	7,5	2,5
То же, покрытие из гравия	5	2
Гравийное необработанное покрытие	0,8– 1,2	0,4– 0,6

**Межремонтные сроки дорожных одежд и покрытий.** Под межремонтными сроками подразумевают период от момента сдачи дороги, дорожной одежды или покрытия в эксплуатацию до первого ремонта или между двумя смежными ремонтами в процессе эксплуатации [20]. Таким образом, межремонтные сроки равны срокам службы соответственно дорожных одежд или покрытий.

**Межремонтный срок службы дорожной одежды** – период, в пределах которого происходит снижение несущей способности дорожной одежды до уровня, предельно допустимого по условиям движения. Ремонт осуществляют при достижении дорожной одеждой в процессе эксплуатации расчетного уровня надежности и соответствующего ему предельной ровности покрытия.

**Межремонтный срок службы покрытия** – период, в пределах которого снижаются сцепные качества покрытия на капитальных и облегченных дорожных одеждах или увеличивается его износ на переходных и низших дорожных одеждах до предельно допускаемых значений.

Срок службы дороги может быть вычислен через межремонтные сроки дорожных одежд и покрытий

$$T = nT_0 + n_1T_n, \quad (8.5)$$

где  $n$  – число ремонтов дорожных одежд;  $n_1$  – число ремонтов покрытий после последнего ремонта дорожной одежды.

С работоспособностью и сроками службы дороги и ее элементов тесно связана надежность автомобильной дороги.

**Надежность автомобильной дороги** – ее способность обеспечивать бесперебойное, круглогодичное, круглосуточное, безопасное и удобное движение автомобилей с установленными скоростями и нагрузками в течение всего срока службы. При нарушении работоспособности по любому из критериев наступает *частный отказ*, когда движение по дороге еще возможно, но ограничено по одному из показателей: скорости, интенсивности или составу транспортного потока.

**Общий отказ** на участке – состояние, при котором движение автомобилей на нем прекращается.

Надежность дороги в целом можно оценить двояко. Во-первых, ее можно представить как надежность отдельных участков: отказ на каком-либо участке приведет к общему отказу дороги. В теории надежности это понятие соответствует *нерезервированным* системам. Отказ элемента вызывает отказ системы. Таким образом, в этом случае дорога как нерезервированная система может быть оценена общим показателем надежности

$$P = \prod_{i=1}^n P_i, \quad (8.6)$$

где  $P_i$  – надежность  $i$ -го километра дороги, т. е. вероятность безотказной работы;  $n$  – число оцениваемых участков.

Во-вторых, надежность дороги на каком-либо участке, например на 1 км можно представить как совокупность надежности элементов дороги. В этом случае можно выделить основные элементы (покрытие, одежда, полотно, трубы, мосты, устройства безопасности движения), которые обеспечивают бесперебойность и безопасность движения, и вспомогательные (СТО, АЗС, мотели), которые обеспечивают сервис и комфортность. Основные и вспомогательные элементы имеют разную значимость в выполнении

основной функции дороги, следовательно, их надежность будет иметь и различную весомость. Для этого случая оценка общей надежности дороги как нерезервированной системы:

$$P = \prod_{i=1}^n (P_i)^{b_i}; \quad \sum_{i=1}^n b_i = 1, \quad (8.7)$$

где  $P_i$  – надежность  $i$ -го элемента с весомостью  $b_i$ ;  $n$  – число элементов дороги.

Чем выше  $P$ , тем выше надежность дороги, т. е. выше уровень ее качества.

Общая теория надежности применительно к автомобильным дорогам разработана еще далеко недостаточно. Значительно лучше теория надежности разработана применительно к отдельным элементам дороги – земляному полотну, дорожной одежде и т. д.

Под надежностью дорожной одежды понимают вероятность безотказной ее работы в течение периода между ремонтами. Отказом считают такое состояние дорожной одежды и соответствующее ему значение коэффициента запаса прочности, при котором требуется проведение ремонта. Количественно уровень надежности представляет собой отношение длины прочных (неповрежденных) участков к общей протяженности дорожной одежды с соответствующим значением коэффициента запаса прочности. Уровень надежности тесно связан с коэффициентом запаса прочности (рис. 8.2).

От уровня надежности, и следовательно, от коэффициента запаса прочности дорожной одежды зависит также объем деформаций на проезжей части (рис. 8.3).

Методы определения межремонтных сроков основаны либо на статистической обработке данных о фактических сроках службы, либо на теоретическом описании динамики изменения прочности во времени под воздействием транспортных нагрузок и природно-климатических факторов.

Расчетно-вероятностный метод определения межремонтных сроков, разработанный проф. В. М. Сиден-

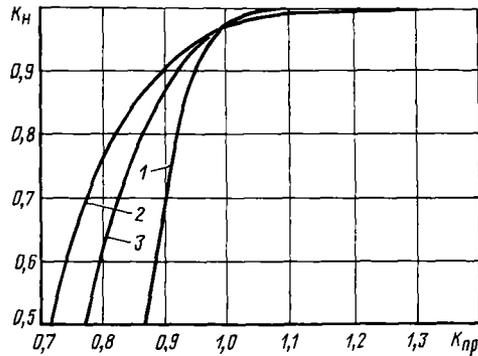


Рис. 8.2. График для определения коэффициента надежности дорожной одежды:

1 – по растяжению при изгибе; 2 – то же по сдвигу; 3 – то же по упругому прогибу

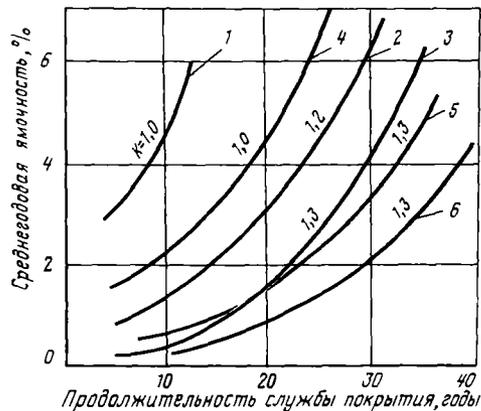


Рис. 8.3. Зависимость среднегодовой ямочности покрытия от коэффициента прочности одежды:

1-3 – на дорожных одеждах облегченного типа с асфальтобетонным покрытием; 4-6 – то же на дорожных одеждах капитального типа; цифры на кривых – коэффициент запаса прочности

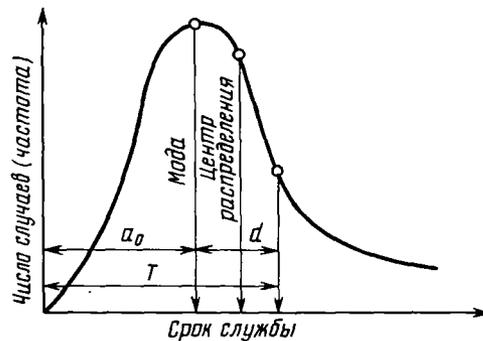


Рис. 8.4. Схема к определению сроков службы расчетно-вероятностным методом

ко, состоит в статистической обработке фактических данных о сроках ремонта на обследуемых дорогах за длительный период эксплуатации. Установлено, что распределение фактических сроков службы описывается биномиальной кривой (рис. 8.4).

Число случаев  $m$  данной продолжительности межремонтного срока  $T_0$  описывается уравнением

$$m = m_1 \exp [(-T_0/d)] \left(1 + \frac{T_0}{T_{cp}}\right) T_{cp}/d, \quad (8.8)$$

где  $m_1$  — число случаев со средним значением межремонтного срока;  $T_{cp}$  — среднее (среднеарифметическое) значение межремонтного срока;  $d$  — радиус асимметрии биномиальной кривой.

Из этого уравнения (8.8) расчетное значение межремонтного срока дорожной одежды или покрытия (годы):

$$\begin{aligned} T_0 &= T_{cp,0}/(1 + a_0 C_v); \\ T_n &= T_{cp,n}/(1 + a_0 C_v), \end{aligned} \quad (8.9)$$

где  $C_v$  — коэффициент вариации ряда;

$$C_v = \sqrt{\frac{\sum \left(\frac{T_{oi}}{T_{cp}} - 1\right)^2/n - 1}{n - 1}}; \quad (8.10)$$

$a_0$  — относительное отклонение ординаты от модального значения на кривой вероятности.

Для построения биномиальной кривой необходимо иметь коэффициент асимметрии

$$C_s = 2C_v. \quad (8.11)$$

В зависимости от категории дороги может быть назначена вероятность повторения  $P$ :

Категория дороги	I	II	III
$P, \%$	3	5	10

В зависимости от значений  $P$  и  $C_s$  по математическим таблицам определяют значения  $a_0$ , затем по зависимости (8.9) — расчетные межремонтные периоды.

Достоинство этого метода в том, что он основывается на реальных данных о межремонтных сроках на эксплуатируемых дорогах, но требует значительного объема исходной информации. Кроме того, в эту информацию попадают данные как о ре-

монтах, выполненных раньше требуемого срока, так и о ремонтах, не выполненных в требуемые по состоянию дороги сроки.

*Теоретические методы* исходят из неизбежного понижения в процессе эксплуатации прочности одежды в связи с воздействием нагрузки от автомобилей, а также природных факторов. Критерием для назначения ремонта является такое состояние проезжей части, при котором степень прочности дорожной одежды достигает предельно допустимых значений (рис. 8.5).

В указанном методе наиболее сложна разработка зависимостей, описывающих динамику снижения фактической прочности во времени и динамику роста требуемого модуля упругости. Требуемый модуль упругости на конец срока службы дорожной одежды определяют по формуле, предложенной канд. техн. наук В. К. Апестиним,

$$E_{тр} = A + B \left[ \lg \left( \gamma \omega N_1 \frac{q^{T_0} - 1}{q - 1} \right) - 1 \right], \quad (8.12)$$

где  $A, B, \gamma$  — параметры, характеризующие закономерности изменения требуемых модулей упругости от перспективной интенсивности движения;  $\omega$  — коэффициент, учитывающий влияние погодноклиматических факторов на работоспособность дорожных одежд;  $N_1$  — интенсивность движения расчетных нагрузок на полосу в первый год эксплуатации.

Для определения межремонтного срока службы капитальных и облегченных дорожных одежд с усовершенствованными монолитными покрытиями проф. М. Б. Корсунский предложил формулу

$$T_0 = 1 + \lg \left( \frac{K_{з,нр1}}{K_{з,нрmin}} \right) / (C + n \lg q), \quad (8.13)$$

где  $K_{з,нр1}$  — коэффициент запаса прочности одежды в первый год ее службы;  $K_{з,нрmin}$  — то же, минимально допустимый в последний год службы;  $C = 0,004$  — коэффициент, учитывающий снижение прочности одежды, обусловленное старением органического вяжущего;  $n \cong$

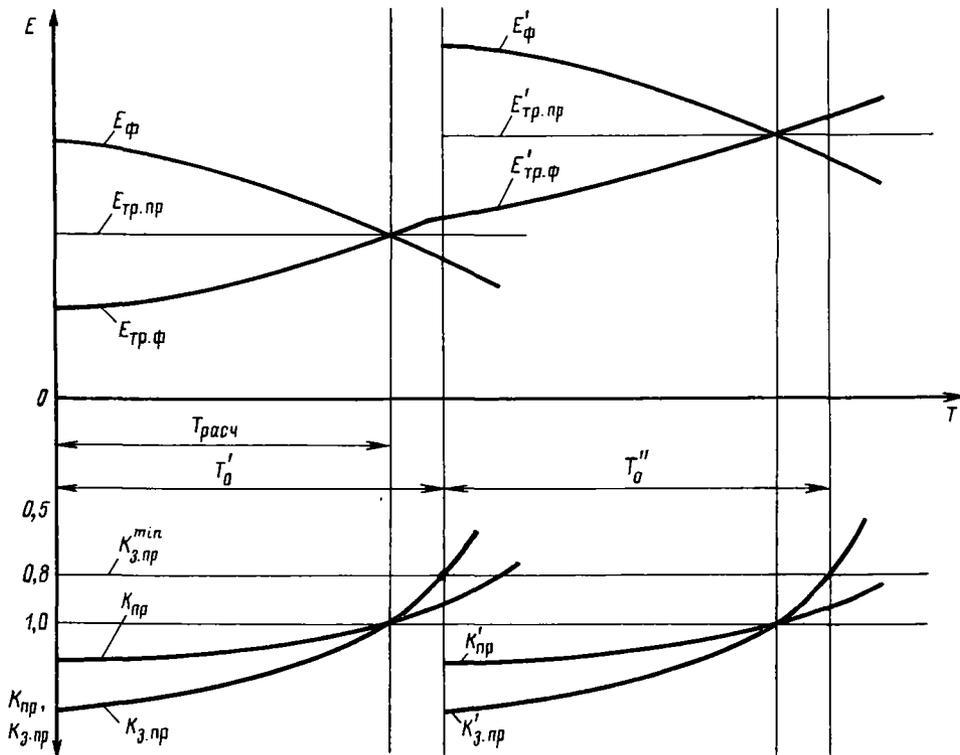


Рис. 8.5. Изменение прочностных показателей по времени

$\cong 0,16$  – показатель, учитывающий усталостные явления в асфальтобетоне при его многократном нагружении;  $q$  – показатель ежегодного роста интенсивности движения.

Минимально допустимые значения коэффициента запаса прочности принимают для дорог I–III категорий 0,8–1,0; для дорог IV и V категорий – 0,65.

Межремонтный срок службы усовершенствованных покрытий определяют по формуле канд. техн. наук В. К. Апестина

$$T_n = 1 / \lg q \lg [N_{p,c} (q - 1) / (KN_{c1} \sum_1^c \alpha_{agr} t_c + 1)], \quad (8.14)$$

где  $N_{p,c}$  – число проездов расчетных автомобилей, снижающих коэффициент сцепления до минимально допустимого значения;  $K$  – коэффициент, учитывающий повторяемость проезда автомобилей по одному следу;  $N_{c1}$  – интенсивность движения в первый год эксплуатации, при-

веденная к расчетным нагрузкам по износу покрытия;  $c$  – число сезонов года;  $t_c$  – длительность каждого сезона в году, сут;  $\alpha_{agr}$  – коэффициент агрессивности воздействия расчетных автомобилей в каждый период года (например, лето – 1, осень – 0,85, зима – 0,60, весна – 0,75).

С учетом этих положений канд. техн. наук В. К. Апестин разработал методику технико-экономического обоснования оптимальных межремонтных сроков. Оптимизационная модель основана на поиске минимума приведенных дорожных и транспортных затрат.

Различные состояния дорожных одежд учитывают в оптимизационной программе через зависимость скорости движения от ровности и сцепных качеств, а также зависимость числа ДТП от ровности, ямочности и коэффициента сцепления. По этой модели Гипродорнии с участием представителей всех республиканских дорожных органов разработал ре-

Таблица 8.3

Интенсивность движения, авт./сут	Категория дороги	Тип нежесткой дорожной одежды	Уровень надежности дорожной одежды к концу межремонтного периода	Срок службы дорожной одежды, годы
> 7000	I	Капитальный	0,90–0,95	18–14
3000–7000	II	»	0,89–0,94	15–11
1000–3000	III	»	0,87–0,92	15–11
500–1000	IV	Облегченный	0,84–0,88	13–10
		Капитальный	0,82–0,85	15–11
100–500	IV	Облегченный	0,83–0,87	10–8
До 100	V	Переходный	0,82	8–3
		»	0,65	8–3

гиональные и отраслевые нормы межремонтных сроков службы нежестких дорожных одежд и покрытий [43]. Базовые значения норм межремонтных сроков для дорог, расположенных в I и II дорожно-климатических зонах приведены в табл. 8.3.

Для учета конкретных природно-климатических условий и различных типов дорожных одежд даются поправочные коэффициенты. Сроки службы дорожных покрытий принимают в зависимости от интенсивности движения по наиболее загруженной полосе:

$N_n$ , авт./сут	до 200	200–2500	1500–4500
Срок службы покрытия, годы	8	6	4
$N_n$ , авт./сут	3000	6500	> 6500
Срок службы покрытия, годы	3	2	

Меньшие значения интенсивности принимают для дорог, расположенных в IV и V дорожно-климатических зонах, большие – в I и II зонах.

### 8.3. Порядок планирования работ по содержанию и ремонту дорог, нормирование ресурсов

**Порядок планирования.** Существует определенная закономерность изменения объемов работ по содержанию и ремонту каждой дороги во времени. В связи с ростом интенсивности движения, старением материа-

лов и конструкций объемы и стоимость ремонтных работ со временем увеличиваются (рис. 8.6). Поэтому планируя ремонтные работы, необходимо исходить из фактического состояния дорог.

Главная задача планирования состоит в определении и прогнозировании места, сроков и объемов работ по ремонту и содержанию каждой дороги и каждого участка. Вначале целесообразно определить физические объемы, затем потребность в финансовых и материально-технических ресурсах. На практике нередко приходится идти и обратным путем: зная имеющиеся финансовые и материально-технические ресурсы, назначать рациональные виды ремонта и состав ремонтных работ. Задача многократно усложняется при разработке планов дорожно-ремонтных работ на сети автомобильных дорог большой протяженности разной категории, технического уровня и эксплуатационного состояния. При разработке планов дорожно-ремонтных работ исходят из возможности получения максимального эффекта от затрат на ремонт и содержание. Это означает, что ремонтные работы должны быть выполнены вовремя, в необходимом месте и объеме.

При планировании ремонта и содержания разрабатывают перспективные и текущие (годовые) планы. Основным видом перспективных планов являются пятилетние. И перспективные и текущие планы ремон-

та и содержания дорог разрабатывают для разного уровня управления дорожным хозяйством: от низовых организаций ДРСУ, ДЭУ и других до уровня республиканского дорожного министерства.

В перспективных и годовых планах дорожно-ремонтных работ могут устанавливаться целевые задания областным, краевым, автономно-республиканским управлениям дорог, автомобильным дорогам и подведомственным им организациям по повышению капитальности покрытий, замене деревянных мостов на постоянные искусственные сооружения, усилению и уширению мостов, повышению безопасности и удобства движения, развитию материально-технической базы, улучшению жилищно-бытовых и социальных условий работников дорожно-ремонтной и дорожной служб.

На уровне низовой дорожной организации планирование пятилетних и годовых объемов ремонтных работ, ассигнований и материально-технических ресурсов осуществляется на основе оценки фактического состояния дорог с указанием конкретных участков (адресов) ремонта, видов и объема ремонтных работ. В этих целях производится систематическая комплексная оценка состояния дорог.

Основным документом годового планирования служит ремстройфинплан на планируемый год. Его разрабатывает низовая дорожная организация. Ремстройфинплан утверждает вышестоящая организация, которая, скорректировав и объединив планы низовых организаций, составляет план дорожно-ремонтных работ по управлению дорог в целом. Для текущего планирования дорожные организации составляют планы работ отдельно на летнее и зимнее содержание, озеленение.

Физические объемы работ определяют на основе ведомостей дефектов, которые составляют при периодическом комиссионном осмотре и оценке качества содержания дорог. При этих осмотрах составляют ве-



Рис. 8.6. Изменение видов, объемов и стоимости ремонтных работ во времени:

$C_{\phi}$  - стоимость работ по содержанию и ремонту;  $N$  - интенсивность движения;  $C$  - содержание;  $P$  - ремонт;  $\Pi$  - перестройка (реконструкция);  $T_p$  - срок между ремонтами;  $T_c$  - срок службы дороги

домости дефектов земляного полотна, проезжей части, искусственных сооружений, обстановки пути, жилых и служебных зданий. Кроме того, составляя план работ по содержанию дорог, учитывают план мероприятий по пропуску ледохода и паводка, противопучинным мероприятиям, по повышению безопасности движения, зимнему содержанию и озеленению.

Для определения годовых объемов работ на содержание дорог в текущем году и на перспективу применяют разработанную в Гипродорнии методику, основанную на циклической системе работ по содержанию дорог. Суть ее состоит в том, что каждый вид работ по содержанию дорог периодически повторяется на каждом участке через определенный промежуток времени, который называют продолжительностью цикла  $\Pi$  и измеряют в годах, а число таких промежутков в течение года называют коэффициентом цикличности

$$K_n = 1/\Pi$$

Годовой объем каждого вида работ определяют путем умножения физического объема данного элемента на коэффициент цикличности. Этим учитывается периодичность выполнения каждой работы.

**Пример.** Длина участка, где проводится очистка от пыли и грязи, составляет  $L = 6$  км, очистка проводится 4 раза в году. Тогда продолжительность цикла  $P = 1/4 = 0,25$ . Коэффициент цикличности  $K_u = 1/P = 4$ , а годовой объем работ по очистке от пыли и грязи  $Q = LK_u = 6 \cdot 4 = 24$  км.

Для годового и перспективного планирования объемов работ по ремонту дорог на уровне республиканского дорожного министерства или территориального управления дорог можно использовать межремонтные сроки дорожных одежд.

Физические объемы работ по ремонту дорожной одежды на сети дорог.

$$L_{p.o} = \sum_{i=1}^n L_i/T_{oi} = L_1/T_{o1} + L_2/T_{o2} + \dots + L_n/T_{on}, \quad (8.15)$$

где  $L_1, L_2, \dots, L_n$  – протяженность дорог, однотипных по категории, интенсивности движения, климатическим условиям, дорожной одежде, км;  $T_{o1}, T_{o2}, \dots, T_{on}$  – соответствующие им межремонтные сроки службы дорожных одежд.

При необходимости выделить отдельно объем ремонта покрытия расчет ведут по формуле

$$L_{p.n} = L_1(T_{o1} - 1)/T_{o1}T_{n1} + L_2(T_{o2} - 1)/T_{o2}T_{n2} + \dots + L_n(T_{on} - 1)/T_{on}T_{nn}, \quad (8.16)$$

где  $T_{n1}, T_{n2}, \dots, T_{nn}$  – межремонтные сроки службы покрытий.

Планируемые объемы финансовых затрат на ремонт дорог (тыс. руб.)

$$S_{рем} = L_{p1}S_{p1} + L_{p2}S_{p2} + \dots + L_{pn}S_{pn}, \quad (8.17)$$

где  $L_{p1}, L_{p2}, \dots, L_{pn}$  – протяженность ремонтируемых дорог различных категорий и дорожных одежд, км;  $S_{p1}, S_{p2}, S_{pn}$  – нормы расхода денежных средств на ремонт соответствующих дорог, тыс. руб./км.

В связи с перестройкой деятельности дорожных организаций на принципы самостоятельности, самофинансирования и хозрасчета система планирования работ по ремонту и

содержанию дорог существенно изменяется.

**Нормирование денежных затрат и материально-технических ресурсов.**

Производственные нормы в зависимости от классификационных признаков могут быть разделены на группы: по предмету нормирования – нормы расхода денежных средств, затрат труда, материалов и времени работы машин; по сфере распространения – единые, ведомственные (отраслевые), местные; по структуре построения – элементные, укрупненные (объектные) и комплексные (отраслевые).

Порядок расчета норм состоит из следующих этапов.

Вначале устанавливают состав ремонтных работ при условии, что выполнение какого-либо ремонта на участке протяженностью  $l$  км предполагает проведение всего комплекса работ, предусмотренного данной классификацией.

Затем выявляют физические объемы всех видов работ  $r$  всех конструктивных элементов  $i$  (земляное полотно, дорожная одежда, искусственные сооружения, обстановка пути и благоустройство) в зависимости от вида ремонта  $p$ , административного значения дорог  $f$ , ее категории  $b$ , типа покрытия  $j$ , приходящихся на  $l$  км дороги. После этого определяют объектные групповые нормы денежных затрат по видам ремонта с учетом накладных расходов и прочих затрат

$$C_{pfbj} = \sum_{i=1}^r \sum_{r=1}^k C_{ri} Q_{ri} NP_p (ПН + ПЗ), \quad (8.18)$$

где  $C_{ri}$  – стоимость производства единицы работ  $r$ -го вида (единичная расценка или укрупненный измеритель) по  $i$ -му конструктивному элементу дороги, руб.;  $Q_{ri}$  – объем работ  $r$ -го вида работ по  $i$ -му конструктивному элементу дороги, м<sup>2</sup>, м<sup>3</sup>, м, шт. и др.;  $NP_p$  – накладные расходы на ремонт  $p$ -го вида, %;  $ПН$  и  $ПЗ$  – плановые накопления и прочие затраты, %.

Объектные групповые нормы расхода материалов определяют как отношение суммарной потребности

в материале для ремонта 1 км дороги к полной сметной стоимости этих работ. В конечном итоге определяют отраслевые нормы денежных затрат с учетом перспективы развития сети автомобильных дорог (изменение удельного веса дорог по категориям, типам покрытий и т. д.).

Отраслевые нормы денежных затрат на ремонт и содержание дорог устанавливают с учетом региональных особенностей эксплуатации дорог и периодически пересматривают. Аналогично разрабатывают нормы расхода материалов на ремонт и содержание автомобильных дорог. Они охватывают перечень, включающий около 50 различных материалов.

**Пример.** На 1 млн руб. сметной стоимости ремонтных работ предусматривается расход материалов: цемента - 96 т, битума - 565 т, проката черных металлов - 32,8 т, лесных материалов - 202 м<sup>3</sup>, электродов сварочных - 0,015 т и др.

Кроме нормативов на затраты денежных средств и материалов, разрабатывают нормативы потребности в дорожных машинах; для работ по ремонту в расчете на 1 млн руб. сметной стоимости работ, на содержание - в расчете на выполнение работ на участке протяженностью 100 км для дорог различных категорий и климатических зон. Нормативы на выполнение работ по ремонту дорог включают около 50 наименований машин и средств механизации.

**Пример.** На 1 млн руб. сметной стоимости ремонтных работ: автогрейдеров - 3, автогудронаторов - 0,5, асфальтоукладчиков - 0,5, бульдозеров - 4, различных катков - 9 и др.

Номенклатура машин для содержания дорог состоит из 30-40 наименований.

**Пример.** Для содержания 100 км дорог II категории требуется: автомобилей-самосвалов - 6, автогрейдеров - 3, заливщиков трещин и швов - 1, катков - 2, ротационных косилок - 1, машин для разметки - 2, дорожных комбинированных машин - 8 и др.

Следует иметь в виду, что отраслевые нормы денежных затрат, нормы расхода материалов и удельная потребность в средствах механизации предназначены в основном для

плановых расчетов на уровне министерств, крупных автодорог и упрдором.

При определении указанных ресурсов для конкретных дорожных организаций исходят из фактических объемов и сроков работ по проектно-сметной документации и соответствующих норм расхода средств и материалов.

#### 8.4. Эффективность дорожно-ремонтных работ, проектно-сметная документация

**Оценка эффективности.** Эффект от выполнения дорожно-ремонтных работ выражается в повышении транспортно-эксплуатационных качеств дороги, удобства, скорости и безопасности движения автомобилей и, как следствие, в снижении себестоимости перевозок. При этом необходимо стремиться к тому, чтобы затраты на ремонт были не только компенсированы, но и перекрыты получаемой в результате экономией издержек на автомобильные перевозки. Методика оценки эффективности дорожно-ремонтных работ разработана канд. техн. наук А. Я. Эрастовым [63].

Технико-экономический критерий назначения ремонтных работ в этой методике

$$\mathcal{E} = F(A) - f(D) \rightarrow \max, \quad (8.19)$$

где  $F(A)$  - экономия издержек на автомобильные перевозки по участку в результате выполнения ремонтных работ, руб.;  $f(D)$  - затраты на ремонтные работы, руб.

Раскрыв каждую из функций в формуле (8.19) через основные составляющие, получим

$$\mathcal{E} = [365N_0\psi\omega S_0(P_{c,n}^0 - P_{c,n}^1) \sum_{t=1}^T q^{t-1} / (1 + E_{n,n})] - D, \quad (8.20)$$

где  $N_0$  - среднесуточная интенсивность движения по дороге в год проведения ремонтов;  $\psi$  - параметр, учитывающий долю грузовых автомобилей в составе потока, среднюю грузоподъемность автомобилей, коэффициент использова-

ния грузоподъемности и коэффициент использования пробега ( $\psi \approx 1,62$ );  $\omega$  – коэффициент, учитывающий транспортные издержки в результате ухудшения условий движения в период проведения ремонтных работ ( $\omega = 0,98$ );  $S_p$  – себестоимость перевозок в дорожных условиях, принятых за эталон, коп/т·км;  $P_{с.п}^o$ ,  $P'_{с.п}$  – показатели себестоимости перевозок соответственно до и после ремонта;  $q$  – показатель роста интенсивности движения;  $t$  – срок суммирования затрат;  $D$  – затраты на ремонт, отнесенные к 1 км, подлежащего ремонту участка дороги, руб.;  $E_{н.п}$  – нормативный коэффициент для приведения разновременных затрат к исходному периоду ( $E_{н.п} = 0,08$ ).

Показатели себестоимости перевозок  $P_{с.п}^o$  и  $P'_{с.п}$  определяют на основе анализа данных объективной оценки состояния дороги по следующим показателям (рис. 8.7): скорости движения  $P_v$ , определяемому отношением фактической средней скорости автомобилей в данных дорожных условиях к средней скорости в условиях, отвечающих требованиям движения; безопасности движения  $P_o$ , соответствующему итоговому коэффициенту аварийности  $K_a$ ; прочности дорожной одежды  $P_{пр}$ , определяемому отношением фактического модуля упругости дорожной одежды к требуемому по условиям движения модулю упругости; непрерывности движения  $P_n$ , определяемому отношением фактического числа дней

в году, в течение которых обеспечен проезд по дороге (участку), к нормативному числу дней, в течение которых должен быть обеспечен проезд по дороге (участку).

Зная четыре указанных показателя, определяют показатель себестоимости перевозок  $P_{с.п}$ :

$$P_{с.п} = 0,004K_a^{0,52} + 0,162/P_o + 0,113 / ((P_{пр} - 0,3) + z + (1,024 - z) / (T_{ф} - 1)) / 14 - 0,328, \quad (8.21)$$

где  $T_{ф}$  – фактический срок службы дорожной одежды на год проведения оценки прочности, считая от момента сдачи дороги (или ее участка) в эксплуатацию после строительства (реконструкции) или последнего капитального ремонта;  $z$  – параметр, определяемый в зависимости от значений показателя прочности, расчетной интенсивности движения и показателя ее роста.

По размеру показатели себестоимости перевозок определяют эффективность дорожно-ремонтных работ (руб.)

$$\mathcal{E} = D(P_{с.п} - 1), \quad (8.22)$$

где  $D$  – затраты на ремонт, руб.

Для облегчения расчетов разработаны подробные номограммы [63].

**Порядок разработки и утверждения проектно-сметной документации.** Ремонт автомобильных дорог и дорожных сооружений, как правило, выполняют на основе утвержденной

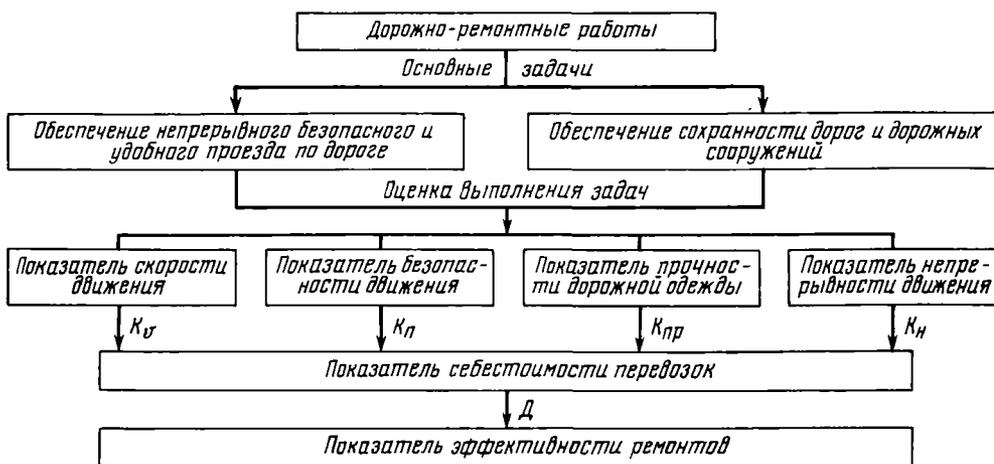


Рис. 8.7. Схема определения показателя эффективности дорожно-ремонтных работ

технической документации, которую в зависимости от сложности проектных решений можно разрабатывать:

а) при ремонте, намечаемом с изменением основных элементов (ширины земляного полотна, плана и продольного профиля), с перестройкой искусственных сооружений, линейных зданий и подсобных (производственных) зданий и сооружений – в виде рабочего проекта или в исключительных случаях для объектов технически сложных, требующих внятной проработки и уточнения данных на следующей стадии проектирования, в виде проекта и рабочей документации по предварительному согласованию с инстанцией, утверждающей проект;

б) при ремонте, намечаемом без изменения основных элементов дороги, а также без перестройки искусственных сооружений, линейных зданий и подсобных (производственных) зданий и сооружений – в виде смет (расцененных описей работ), составленных на основании ведомости дефектов;

в) при ликвидации разрушений, вызванных стихийными бедствиями, – в виде ведомостей дефектов, единичных расценок и рабочих чертежей на восстановление искусственных сооружений и зданий с последующим обязательным составлением (в месячный срок после окончания работ) исполнительной документации, включающей сметы на выполнение работ.

Состав документации на ремонт дорог включает задание, ведомости

дефектов и источников получения и способов транспортировки строительных материалов, смету, единичные расценки (при необходимости). При использовании местных строительных материалов дополнительно составляют каталог единичных расценок, калькуляции стоимости материалов и транспортных расходов.

Состав документации в простейших случаях (при низкой стоимости несложных работ одного-двух видов, при простом определении стоимости работ) и в начальной стадии работ, вызванных аварийными ситуациями: задание, расценочная опись работ.

Обычно проект включает следующие части:

I. Общая часть.

II. Техничко-экономическая часть.

III. План и продольный профиль.

IV. Земляное полотно и дорожная одежда.

V. Искусственные и специальные сооружения.

VI. Здания и сооружения эксплуатационной и автотранспортной службы.

VII. Пересечения и примыкания.

VIII. Обустройства дороги, организация и безопасность движения.

IX. Организация работ.

Проектные организации обязаны провести защиту проекта в утверждающих инстанциях. До утверждения проекта на ремонт при подрядном способе смета согласовывается с подрядной организацией.

## Глава 9

**ТЕХНОЛОГИЯ СОДЕРЖАНИЯ ДОРОГ  
В ЛЕТНИЙ И ОСЕННЕ-ВЕСЕННИЙ  
ПЕРИОДЫ****9.1. Содержание земляного  
полотна, искусственных  
сооружений и обстановки  
дороги**

**Содержание земляного полотна.** Основная задача содержания земляного полотна – обеспечение его проектной геометрической формы, прочности рабочей зоны, долговечности и поддержание в исправном состоянии водоотводных устройств, полосы отвода.

Весной основное внимание необходимо уделять регулированию, улучшению водно-теплого режима дорожных конструкций и прежде всего обеспечить поверхностный сток воды с обочин и откосов при таянии снега. В конце весеннего периода планируют неукрепленные обочины и откосы, но так, чтобы не повредить растительный слой. При наличии на обочинах колея глубже 10 см производят планировку с добавкой грунта.

*Уход за пучинистыми участками* должен осуществляться еще в начальный момент таяния снега. Для этого с земляного полотна удаляют снег, а с наступлением потепления его полностью удаляют не только с обочин, но и с откосов, из кюветов, чтобы максимально ускорить оттаивание и просыхание в первую очередь боковых частей земляного полотна.

Важной мерой, которая предотвращает пучины или максимально ослабляет их воздействие на дорогу, является прокопка осушительных воронок на неукрепленных обочинах (машиной ЭД-201 с рабочим органом роторного типа, смонтированной на тракторе «Беларусь»). Воронки роют на обочинах с обеих сторон пучинистого участка через 3–4 м, но так, чтобы они не совпадали одна против другой, а были смещены; они имеют ширину 0,2–0,3 м, глубину, равную толщине дорожной одежды с подстилающим песчаным слоем; их дну придается продольный уклон 40–50‰. После отвода воды из «донника» воронки засыпают грунтом и планируют обочины.

Если признаки пучинообразования все же появились, необходимо предохранить покрытие от разрушения. Для этого на пучинистом участке устраивают «подушку» из котельного шлака, несмерзшегося сухого песка или гравийно-песчаной смеси слоем 10–15 см, на которую укладывают деревянные щиты или временное колеиное покрытие.

Весной надо быстро подготовить систему водоотвода к пропуску талых вод. Боковые канавы автогрейдерами с кюветовосстановителями полностью очищают от снега по всему сечению, или расчищают вручную, устраивая в снегу прорези шириной 0,7 м и глубиной до уровня грунта. У малых мостов и труб убирают щиты, закрывавшие их отверстия, удаляют лед и снег, накопившийся за зиму, а перед отверстиями – на всю ширину и на дли-

ну не менее 30 м от каждого оголовка.

Летом и осенью содержание полотна сводится к наблюдениям за откосами и неукрепленными обочинами. Их необходимо предохранять от размыва ливнями, раздувания ветром, периодически скашивать траву. На неукрепленных обочинах заделывают грунтом выбоины, колеи и другие повреждения, обочины профилируют и уплотняют, восстанавливают травяной покров. На укрепленных обочинах заделывают разрушения или восстанавливают укрепление на отдельных небольших участках.

Содержание откосов насыпей и выемок включают планировку отдельных участков, восстановление нарушенного травяного покрова, исправление отдельных укрепленных мест. Восстановление травяного покрова на откосах осуществляют путем посева многолетних трав с предварительным покрытием гумусовым грунтом и удобрениями.

Летнее содержание водоотвода состоит в прочистке отдельных участков водоотводных канав с обеспечением продольного уклона дна не менее 10‰, восстановлении укрепления на разрушенных участках, ремонте и очистке устьев дренажных устройств.

В конце осени еще раз планируют неукрепленные обочины, устраняя колеи, в которых может накапливаться вода. Поперечный уклон обочин должен быть не менее 30–60‰. Также тщательно автогрейдерами планируют откосы и канавы на снегозаносимых участках. Отверстия труб и малых мостов закрывают инвентарными щитами, чтобы предотвратить от заноса снегом и образования ледяных пробок в конце осени.

На полосе отвода уничтожают или скашивают сорные травы, вырывают кустарник, растущий близко к дороге, который может вызвать снежные заносы, убирают мусор и посторонние предметы. Сорняки необходимо скашивать до цветения,

удалять их засевом специальных культурных трав или уничтожать.

**Содержание обстановки дороги и зданий дорожной службы.** *Содержание дорожных знаков* сводится к систематической очистке щитков и стоек, окраске тыльной стороны знаков и поверхности стоек, выпрямлению или замене щитков и стоек, подтягиванию болтов, замене источников света в подсвечиваемых знаках. Состояние знаков осматривают весной, в начале осени и зимой. Знаки с автономным освещением осматривают не менее одного раза в неделю, чтобы своевременно заменить перегоревшие или снизившие светоотдачу лампы.

Работы по содержанию и ремонту дорожных знаков выполняют в течение всего года. Мелкие повреждения устраняют на месте, сильно поврежденные ремонтируют в мастерских. Вместо снимаемого знака немедленно устанавливают исправный. Периодичность очистки знаков должна быть такой, чтобы в процессе их эксплуатации обеспечивалась видимость изображений в светлое время суток на расстоянии не менее 150 м, но не реже двух раз в год. Для очистки применяют мыльный раствор или 2%-ный раствор фосфата соды; плесень устраняют 3–6%-ным водным раствором хлорной извести. Глинистые частицы удаляют пастой, состоящей из воды и бикарбоната соды, которая наносится на поверхность и очищается через 2–3 мин. Поврежденную световозвращающую пленку восстанавливают, не снимая знака. Поверхность, на которую нужно наносить пленку, очищают и обезжиривают уайт-спиритом или бензином Б-70. На очищенное место и тыльную сторону световозвращающей пленки наносят тонкий слой эпоксидного клея, затем пленку накладывают на подготовленное место и прикатывают резиновым валиком.

Опоры и крепления окрашивают не реже одного раза в год. Для защиты от коррозии поверхность металлических стоек, непосредствен-

но соприкасающуюся с грунтом, обмазывают горячим битумом. Металлические и железобетонные конструкции знаков рекомендуется окрашивать синтетическими эмалями ПХВ-1, ХСЭ-1, -25, -26 или перхлорвиниловыми фасадными красками ХВК. Деревянные стойки, обработанные креозотом, можно окрашивать алюминиевой краской. Эмаль наносят кистью или пистолетом-краскопультом, для окраски больших щитов можно применять валик, нанося краску в два слоя с общим расходом эмали 0,45 кг/м<sup>2</sup>.

*В содержание ограждающих и направляющих устройств входят установка ограждений на опасных участках, периодическая очистка и окраска, устранение мелких дефектов, подтягивание тросов и креплений, замена поврежденных элементов. Очистку и окраску ограждений выполняют по мере необходимости, но не реже двух раз в год. Мелкие дефекты выявляют и сразу устраняют при осмотре, поврежденные элементы следует восстанавливать не позднее чем через 24 ч после их повреждения.*

*На автобусных остановках необходимо своевременно убирать мусор, очищать контейнеры-мусоросборники, подметать территорию, автопавильоны моют, возобновляют окраску, устраняют мелкие повреждения.*

Для мойки, покраски и установки дорожных знаков, ограждений и уборки автопавильонов применяют комплект оборудования ЭД-309 на колесном тракторе «Беларусь», маркировочную машину с краскопультом ДЭ-3.

К числу работ по содержанию дорожных зданий и сооружений относят: устранение небольших дефектов кровель; утепление дверей; устранение мелких повреждений центрального отопления и течи водопровода и канализации; ликвидацию утечки газа; окраску трубопроводов; устранение повреждений электропроводки; прочистку мусоропроводов; очистку дворовых колодцев и выгребов, систематическую уборку территории

приусадебных участков. Периодически проводят побелку и покраску зданий, вспомогательных построек, заборов и оград, территории усадеб озеленяют.

**Содержание искусственных сооружений.** При содержании искусственных сооружений регулярно проводят текущие, периодические и специальные осмотры, организуют безопасное движение по ним в любое время года, поддерживают чистоту, а также обеспечивают сохранность сооружений в период пропуска интенсивного водного потока и ледохода, стихийных бедствий.

Текущие осмотры сооружений проводят мостовые (тоннельные) мастера в следующие сроки: деревянные мосты, паромные переправы, наплавные мосты – не реже одного раза в квартал; металлические, железобетонные и каменные мосты и трубы – не реже одного раза в полугодие; цельносварные, а также усиленные сваркой стальные и сталежелезобетонные пролетные строения – зимой не реже одного раза в месяц, а при температуре воздуха ниже – 20 °С – ежедневно, тоннели – один раз в месяц.

Очередные текущие осмотры мостов и труб проводят после прохода паводковых вод и ледоходов; дополнительно осматривают малые мосты и трубы после сильных и продолжительных ливней, когда возможен подъем уровня водотока; в районах искусственного орошения водопропускные трубы и дюкеры осматривают также перед началом поливов, один раз в месяц во время поливов и после их окончания.

Осмотры сооружений периодически проводит начальник или главный инженер дорожного подразделения (ДРСУ и т. д.) совместно с мостовым мастером. Мосты и трубы осматривают после прохода паводковых вод или землетрясений более 5 баллов, а также после ремонта сооружения. Специальные осмотры и испытание сооружения нагрузкой осуществляют мостоиспытательные организации в следующие сроки: де-

ревянные мосты периодически один раз в 5 лет, остальные мосты и трубы один раз в 10 лет. На основании осмотров и испытаний составляют планы работ по содержанию и ремонту искусственных сооружений. В состав работ по содержанию входят следующие основные работы.

В *содержание элементов мостового полотна* входят удаление пыли и грязи с проезжей части и тротуаров, устранение повреждений поверхности бордюров, парапетных ограждений, замена мастики в деформационных швах.

При *содержании деревянных мостов* заменяют достаточный настил проезжей части, подтягивают болты, хомуты и крепления, антисептируют элементы моста и выполняют другие работы.

У *железобетонных и каменных мостов* устраняют поверхностные дефекты балок, диафрагм, плит, узлов сопряжения стыков, заделывают трещины, защищают от коррозии арматуру и бетон.

При *содержании металлических мостов* предупреждают появление и развитие коррозии металла путем обеспечения водоотвода, очистки конструкций от грязи и ржавчины, окраски мостов; подтягивают болты и заменяют заклепки в креплениях; контролируют появление трещин и других деформаций в элементах моста.

**Пропуск ледохода и паводка.** Серьезную угрозу искусственным сооружениям и дороге могут создать ледоход, половодья и паводки. Главная задача содержания мостов в эти периоды – обеспечить свободный проход льда под мостами и беспрепятственное протекание воды через отверстия мостов и труб, от чего зависит сохранность самих искусственных сооружений и нормальные условия движения. Для организации пропуска ледохода и паводка в каждом ДРСУ, областном или линейном управлении дорог создают специальные комиссии и выделяют ответственного за каждое сооружение. Комиссия разрабатывает план меро-

приятий по пропуску ледохода и паводка, организует эту работу в подготовительный, основной и заключительный периоды.

На реках, где возможно поднятие горизонта воды, деревянные опоры освобождают от льда, делая вокруг них проруби или прорезы шириной 0,3–0,5 м сразу после образования ледяного покрова. В начале зимнего периода окальвают лед в течение всей зимы.

На реках, где нет зимнего подъема воды, прорезы устраивают в конце зимы до поднятия горизонта воды. После ослабления льда весенней оттепелью сделанные ранее проруби удлиняют перед мостами на 10–20 м вверх по течению. Если ожидают сильный ледоход, проруби делают и ниже моста на протяжении 20 м. Если ожидают сильный ледоход, ледяной покров раскалывают сплошь выше по течению и ниже моста на тем большую длину, чем толще и крепче лед, но не менее чем на 100 м в обе стороны.

Это необходимо, чтобы образовался свободный от льда участок реки – майна (рис. 9.1).

Ледяной покров разрушают взрывами зарядов, располагаемых на поверхности, внутри и под льдом. Взрывные работы проводят, строго соблюдая правила безопасности, утвержденные Госгортехнадзором. Ледяной покров может быть ослаблен и химико-гляционным способом: на ледяной покров за 15–30 дней до ледохода распыляют материал темного цвета: угольный шлак, золу, каменноугольную пыль и другие порошкообразные материалы темного цвета и плотностью больше 1,0. Они уменьшают отражательную способность льда, которая в естественном состоянии составляет 95%, усиливая действие солнечной радиации. В результате лед на значительной площади тает или сильно ослабляется и разрушается. Для усиления действия материалов в них добавляют хлориды. Распыление материалов на больших реках производят с самолетов или вертолетов.

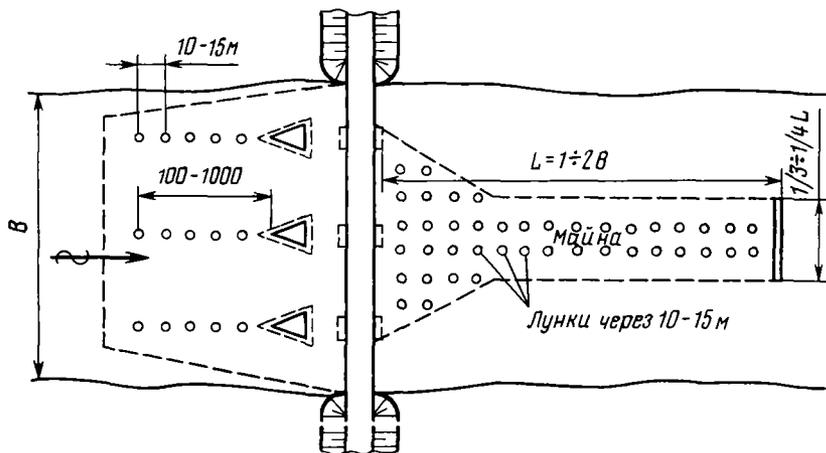


Рис. 9.1. Схема разрушения ледового покрова у моста

С наступлением оттепели, признаком которой является почернение льда, и в период ледохода назначают круглосуточные дежурства оперативного отряда, включая взрывников. Следят, чтобы по возможности не было столкновений льда с опорами. Застраившие льдины раскалывают ломами, в отдельных случаях зарядами ВВ, расколовшиеся льдины сплавляют. Образовавшиеся заторы выше и ниже моста устраняют взрывами с заранее подготовленными зарядами. В период пропуска высоких вод наблюдают за состоянием русла, опор, устоев, укрепительных сооружений. В этот период возможны размывы грунта, осадки, а иногда снос сооружений, просадки оснований, сполы участков насыпей, продольные и поперечные трещины в насыпях. На таких участках необходимо немедленно производить заброску пробоин бутовым камнем, тяжелыми фашинами так, чтобы не превысить отметку неразмытого дна реки. Откосы укрепляют камнем с уплотнением промежутков щебнем.

**Обеспыливание дорог.** В сухое время года на грунтовых, гравийных и подобных им покрытиях проводят обеспыливание. Особое внимание уделяют участкам, проходящим через населенные пункты, вдоль полей, засеянных сельскохозяйствен-

ными культурами, а также около больниц, детских учреждений, остановок автобусов и т. д. Эти участки обеспыливают в первую очередь.

Обеспыливание гравийных покрытий осуществляют способом пропитки и смешением материала покрытия с обеспыливающими веществами на дороге. Пропитка чаще всего производится при содержании дорог, а способ смешения — при ремонте.

Для обеспыливания применяют технический хлористый кальций, техническую соль сильвинитовых отвалов и другие хлористые соли в сухом состоянии или в виде раствора, морскую воду лиманов или соленых озер и др. Из органических материалов применяют технические лигносульфонаты, лигнотор, сульфатный щелок, жидкие битумы, битумные эмульсии, сырые нефти.

Нормы расхода зависят от вида материала, типа покрытия, интенсивности движения: твердых солей — 0,4–2,0 кг/м<sup>2</sup>, жидкого битума — 0,7–1,2 л/м<sup>2</sup>, растворов солей — 1,0–4 л/м<sup>2</sup>.

Нельзя превышать установленные нормы расхода обеспыливающих материалов, чтобы не нанести ущерба окружающей природной среде. Продолжительность обеспыливающего действия составляет от 15 до 90 дней в зависимости от применяемого материала. Для распределения обеспы-

ливающих материалов применяют дорожные машины КДМ-130, ПМ-8, ДС-39, ПР-130, УР-53, сельскохозяйственные распределители жидких и твердых минеральных удобрений РЖТ, РУМ-3, КСА-3.

Участок покрытия, предназначенный для обработки способом пропитки, профилируют автогрейдерами (грейдерами) с приданием требуемой ровности и поперечного профиля. Одновременно удаляют крупные несвязные частицы гравия. Растворы желательно разливать на покрытие, которое имеет влажность, равную или меньшую оптимальной. При норме более  $1,5 \text{ л/м}^2$  раствор разливают за два-три приема. Каждый последующий разлив осуществляют после того, как раствор предыдущего полностью впитался в покрытие. Органические обеспыливающие материалы разливают нагретыми до  $50\text{--}70^\circ\text{C}$ , чем обеспечивается их нормальное впитывание.

Твердые гигроскопические соли распределяют в такой последовательности: сначала воду в количестве  $0,5\text{--}2 \text{ л/м}^2$  (при сухом покрытии), затем распределяют твердые соли.

Метод смешения на дороге для обработки покрытия обеспыливающими материалами применяют на завершающем этапе ремонта гравийных и подобных им покрытий. Работы в этом случае осуществляют в таком порядке: вывезенную в конусы гравийную смесь оптимального состава для верхнего слоя (слоя износа) разравнивают автогрейдером за четыре круговых прохода на всю ширину покрытия; разливают раствор или распределяют твердый обеспыливающий материал в количестве 80% нормы, которую увеличивают в 3–5 раз в зависимости от толщины обрабатываемого слоя; тщательно перемешивают смесь, разравнивают и профилируют автогрейдером; уплотняют самоходными катками за 8–10 проходов по каждому следу; разливают готовый раствор или распределяют твердый материал в количестве 20% нормы.

В течение 5–7 дней после обеспыливания регулируют движение транспортных средств, чтобы получить равномерно накатанную поверхность и обеспечить лучшее формирование покрытия. Скорость автомобилей в этот период не должна превышать  $40 \text{ км/ч}$ .

Обеспыливание повторяют при появлении первых признаков пыли. Норму расхода обеспыливающего материала при этом уменьшают в 2 раза по сравнению с нормой для первой обработки. Число обработок за сезон определяют с учетом продолжительности теплого периода, в течение которого наблюдается образование пыли, числа дождливых дней и срока действия обеспыливающих материалов.

## 9.2. Содержание проезжей части с различными типами покрытий

Основная задача содержания состоит в поддержании, а также в повышении транспортно-эксплуатационных качеств покрытия путем систематического ухода, содержания в чистоте и порядке, устранении мелких повреждений и деформаций, восстановлении изношенных верхних слоев на небольших участках.

Технология и объем работ по содержанию определяются периодом года и конструкцией одежды. Наиболее ответственными и трудоемкими являются работы весной, когда прочность одежд снижается до минимального значения. На дорогах, где одежда рассчитана на осевую нагрузку  $60 \text{ кН}$ , дорожная служба обязана ввести ограничение на проезд тяжелых автомобилей. На участках пучинистых и с низкой прочностью движение вообще может быть закрыто (см. п. 14.2).

В весенний период все типы покрытий после схода снега и удаления корок льда очищают от грязи, песка, пыли и материалов, применяемых для борьбы с зимней скользкостью.

На одеждах с переходными типами покрытий проезжую часть очищают в самый короткий срок (3–5 дней) после схода снега.

*В летние жаркие дни* на гравийных и щебеночных покрытиях, грунтовых дорогах возникает пыль. В таких случаях содержание сводится к обеспыливанию. Летом содержание покрытий усовершенствованного типа сводится к очистке с помощью поливомоечных машин или механических щеток. Подметание покрытий начинают от оси дороги с перемещением к кромке проезжей части. Последующие проходы должны перекрывать предыдущие на 0,25–0,50 м. На наиболее опасных участках (пересечения, остановки), а также в местах, где это диктуется эстетическими требованиями, периодически моют проезжую часть.

На некоторых участках усовершенствованных покрытий, устроенных с применением органических вяжущих, под действием автомобилей и солнечных лучей может выступить на поверхность избыток вяжущего. Такие места необходимо присыпать высевками или крупнозернистым песком. Весьма эффективна обработка таких участков малыми дозами (0,1–0,2 л/м<sup>2</sup>) органических растворителей (например, керосином, соляровым маслом) и последующая присыпка песком и после выдержки до 0,5 ч очистка поверхности подметальными машинами.

*Осенью содержание дорожных одежд* с различными типами покрытий сводится к подготовке к зимнему периоду – удалению грязи и мусора, заделке трещин, проведению мероприятий по обеспечению водонепроницаемости одежд и поверхностного стока. Конкретный состав работ в различные периоды года зависит от типа покрытия.

*Содержание грунтовых и грунтовых улучшенных дорог* заключается в систематическом профилировании поверхности автогрейдером (грейдером) или другими машинами, заделке колеи с добавкой грунта и уплотнении его катками.

*Гравийные щебеночные покрытия* очищают, убирают катун, устраняют поперечные волны, колеи, исправляют поперечный профиль, отводят воду с проезжей части, ликвидируют пучинистые участки (весной) и обеспыливают в сухой период года. Весной, летом и осенью периодически профилируют покрытия для улучшения и равномерного распределения гравийного материала на поверхности.

*Содержание покрытий из щебеночных и гравийных материалов, обработанных вяжущим*, состоит в устранении выбоин, волн, наплывов, проломов, применяя различные технологии ремонта. Общими являются очистка от пыли и грязи, подготовка к укладке смеси, укладка и уплотнение.

Выбоины заделывают с применением холодного черного щебня (черного гравия) и влажных органоминеральных смесей. Ямочный ремонт производят при температуре воздуха не ниже 5 °С холодным способом (органоминеральные смеси можно применять при положительной температуре, но не выше 30 °С, и при отрицательной температуре, но не ниже –10 °С), при температуре воздуха не ниже 10 °С теплым или горячим способом. Приготовленные на эмульсиях смеси можно укладывать в сырую прохладную погоду. Холодный способ целесообразнее при глубине выбоин до 3 см, а горячий (или теплый) – более 3 см.

При любом из указанных способов (кроме способа с применением ВОМС) подготавливают ремонтное место, включая обрубку (раскировку) краев выбоин, очистку, обрабатывают очищенную поверхность органическим растворителем (соляровым маслом, керосином) по норме 0,1–0,15 л/м<sup>2</sup> при помощи краскопультов или распылителей и наносят на смоченную растворителем поверхность жидкий битум 0,3–0,5 л/м<sup>2</sup>, нагретый до 60 °С. При использовании влажных органоминеральных смесей края и дно выбоины лишь слегка увлажняют.

Непосредственно после подгрузки выбоину заполняют ремонтным материалом и уплотняют. Толщину слоя укладываемых материалов определяют с учетом уменьшения объема при уплотнении.

Канд. техн. наук А. П. Матросов предложил выполнять ямочный ремонт методом, по которому после очистки от грязи, воды или снега выбоину заполняют на  $\frac{1}{5}$  глубины битумом, нагретым до 180–200 °С и сразу засыпают влажным минеральным материалом. В результате взаимодействия горячего битума с влагой происходит интенсивное пенообразование. Битумная пена, поднимаясь снизу вверх (обратная пропитка), хорошо смачивает поверхность щебня и обеспечивает его склеивание с ремонтируемой поверхностью. Однако срок службы отремонтированных этим способом участков составляет 1–2 года [11].

Для ямочного ремонта эффективны малогабаритные разогреватели с горелками инфракрасного излучения, входящие в состав дорожного ремонтера (рис. 9.2).

В последние годы для ямочного ремонта чернощебеночных (черногравийных) и асфальтобетонных покрытий применяют влажные органоминеральные смеси, разработанные в Гипродорнии. Такие смеси готовят смешиванием жидкого или разжиженного органического вяжущего (гудрона, дегтя, каменноугольной смолы, жидкого или разжиженного битума, битумной пасты) с увлажненным минеральным материалом (мелким, средне- и крупнозернистым песком, щебеночно-песчаной или гравийно-песчаной смесью), а также минеральным порошком и активатором (воздушная известь или цемент).

В организациях Миндорстроя СССР ямочный ремонт выбоин осуществляется при температуре воздуха до –10 °С. Очищенную от снега выбоину прогревают горелками с длительностью разогрева примерно в 2 раза большей, чем летом. Перед укладкой смесь прогревают до

60–80 °С на металлических листах, далее укладывают и уплотняют. После укладки перед уплотнением место ремонта также прогревают горелками. В зимний период смеси желательно применять с добавками ПАВ.

На подъемах, в местах остановки транспортных средств, у проездов к пересечениям в одном уровне может возникнуть волнистость. Устранение отдельных волн, наплывов, сдвигов можно осуществлять раскаткой, выравниванием и срезкой. Для этого покрытие в жаркую погоду нагревают с помощью горелок инфракрасного излучения и сразу же раскатывают тяжелыми (10–20 т) катками с жесткими вальцами или срезают автогрейдером.

При содержании асфальтобетонных покрытий устраняют выбоины и трещины, отдельные волны, бугры и наплывы, обломы и неровности кромок. К выполнению этих работ приступают весной после наступления теплой погоды. При устранении выбоин и других аналогичных им повреждений соблюдают общую технологическую последовательность, которая включает подготовку поврежденного места, приготовление, укладку и разравнивание ремонтных материалов (смесей), их уплотнение. В качестве ремонтных материалов используют горячие, теплые и холодные асфальтобетонные смеси, литой асфальт, щебеночные и гравийные материалы, обработанные органическим вяжущим, влажные органоминеральные смеси. Ремонт покрытий с применением горячих асфальтобетонных смесей производят в сухое и теплое время года, когда температура воздуха не ниже +10 °С. Литой асфальт, влажные органоминеральные смеси допускается применять и при пониженных температурах воздуха: литой асфальт до –5 °С, влажные органоминеральные смеси до –10 °С.

Ремонтируемое место готовят в следующем порядке: границы выбоин оконтуривают прямыми линиями, захватывая на 3–5 см неповрежденную часть покрытия; не-

Номер захватки	1	1	1	1	1	
Длина захватки, м	120	120	120	120	120	
Рабочие операции	1. Очистка ремонтируемой поверхности сжатым воздухом 2. Разметка контура	3. Разогрев 4. Укладка разогретой поверхности	5. Укладка смеси	6. Уплотнение уложенной смеси	7. Прогрев соединяющего старого покрытия с новым слоем	
Направление потока	←					
План потока и расстановка машин						
Ресурсы	Исполнители	1. Водитель - 1-го 2. Машинист 5-разряда - 1 3. Дорожные рабочие 3-го разряда 4. Дорожные рабочие 4-го разряда				
	Машины	Дорожный ремонтёр 5320 с рабочим оборудованием 1. Электростанция - 1 2. Компрессор - 1 3. Разогреватель с горелками инфракрасного излучения - 3		4. битумный котел - 1 (ёмкость 450 л) 5. Виброкаток - 1 (масса 135 кг) 6. Ручная тележка - 2 (ёмкость 0,1 м³)		7. Автокран - 1 8. Ёмкер для материала 9. Линейка-разогреватель
	Материалы	Запас перевозимой асфальтобетонной смеси ≈ 6 т возможный объём ремонта 100 м² (при одной заправке ремонтёра) Смесь асфальтобетонная мелкозернистая				

Рис. 9.2. Технологическая схема ремонта с применением дорожного ремонтёра

большие выбоины, близко стоящие друг от друга, объединяют в одну общую карту; старый асфальтобетон удаляют по очерченному контуру, выбоину очищают и при необходимости просушивают; ее дно и стенки подгрунтовывают жидким или разжиженным битумом (гудроном) или дегтем, нагретым до 60 °С, по норме 0,3–0,5 л/м<sup>2</sup>. При использовании органоминеральных смесей тщательная очистка выбоин и подгрунтовка не требуются.

После подготовки выбоину заполняют ремонтным материалом с учетом запаса на уплотнение. При глубине выбоин до 5 см смесь укладывают в один слой, более 5 см – в два слоя. Смесь в небольших изолированных одна от другой выбоинах уплотняют электро- или пневмотрамбовками, ручными виброкатками, а значительные площади – катками с гладкими вальцами массой 4–10 т. Лучшие результаты достигаются при использовании катков с обрешеченными вальцами. Уплотнение проводят от краев к середине, при этом поверхность ремонтируемых мест должна быть на уровне покрытия.

При заделке выбоин глубже 5 см, когда удаляют не только верхний, но и нижний слой асфальтобетона, порядок работы не меняется. В нижний слой укладывают крупнозернистую смесь и уплотняют, затем укладывают мелкозернистую смесь в верхний слой и тоже уплотняют. Температура смеси в момент укладки 140–160 °С. Если глубина выбоин до 8 см, а крупнозернистая смесь отсутствует, укладывают в два слоя мелкозернистую смесь. Песчаную смесь применяют только в верхнем слое. Отличительная особенность литых асфальтобетонных смесей в том, что их укладывают в текучем состоянии, они легко заполняют выбоины и не требуют уплотнения.

При заделке выбоин часто применяют горелки инфракрасного излучения, установленные на машине ДЭ-234 или на других. После очистки и разметки покрытие разогревают горелками форсуночного типа до

140–170 °С. Если ремонтируют небольшими картами (до 25 м<sup>2</sup>), разогревают всю площадь; при ремонте большими картами (более 25 м<sup>2</sup>) – по периметру участка. Корку пережженного асфальтобетона удаляют, на разогретую и очищенную поверхность укладывают асфальтобетонную смесь и уплотняют катками массой 10–12 т.

Мелкие выбоины (до 1,5–2 см) на площади от 1 м<sup>2</sup> и более заделывают по способу поверхностной обработки с применением мелкого щебня (очистка, подгрутовка, распределение, уплотнение).

Трещины желательно заделывать в утреннее время, когда они имеют еще значительное раскрытие. Отдельные трещины расчищают металлическими крючьями и продувают сжатым воздухом. Трещины шириной 3–5 мм после очистки промазывают жидким битумом марок СГ15/25, СГ25/40, МГ25/40 или дегтем марки Д-1, затем с помощью заливщика заполняют битумом марок СГ130/200, МГ130/200, БНД200/300, нагретым до 160–170 °С. Трещины большей ширины (5 мм и более) тщательно очищают с помощью металлических щеток и сжатого воздуха, промазывают жидким битумом и заполняют битумной мастикой с помощью заливщика. Их заполняют с небольшим избытком и затирают поверхность сухим нагретым мелким песком или минеральным порошком. Составы мастик: битума БНД60/90 или БНД90/130 60–70%, минерального порошка 10–35%, резиновой крошки 5–10%, асбестовой крошки 10–20%. Температура мастики должна быть 150–170 °С.

Шелушение, сплошную сетку трещин на небольших участках перекрывают поверхностной обработкой. Сплошную сетку трещин, возникшую из-за неустойчивости основания, как и места пониженной прочности, вырубают и устраивают новую поверхностную обработку.

Устранение волн и наплывов осуществляют предварительным нагревом горелками и укаткой катками

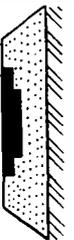
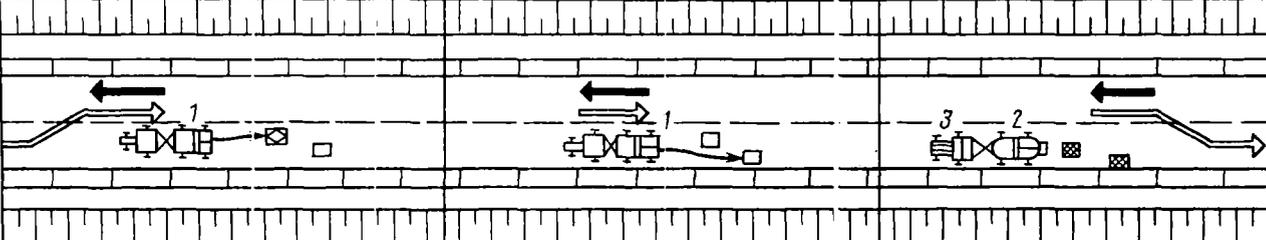
Номер захватки		1	1	1
Длина захватки, м		100	100	100
Рабочие операции		1. Разметка контура, обрубка покрытия	2. Очистка ремонтируемой поверхности сжатым воздухом	3. Укладка с разравниванием горячей литой смеси на серном вяжущем, отделка поверхности
Направление потока		←		
План потока и расстановка машин				
	Исполнители	1. Машинист НД-21А (ДЭ-5А) 5-го разряда-1 2. Дорожный рабочий 4-го разряда-1 3. Дорожный рабочий 3-го разряда 4. Машинист ГТ-10 5-го разряда		
Ресурсы	Машины	1. Дорожный ремонтёр НД-21А (ДЭ-5А) с комплектом рабочего оборудования		2. Передвижной котёл-термос РТ-10 3. Колёсный трактор Т-150К
	Материалы	Горячая литая смесь на серном вяжущем Потребность на 100м <sup>2</sup> (на 1 см толщины укладываемого слоя) - 2,1 - 2,2 т		

Рис. 9.3. Технологическая схема ремонта раковин и сколов цементобетонных покрытий

массой 18–25 т поперек волн, срезкой и последующим устройством поверхностной обработки.

К *содержанию цементобетонных покрытий* относят заделку швов и трещин, повреждений кромок у швов, граней плит и отдельных раковин, ликвидацию местных просадок, вспучиваний плит, заделку отдельных участков с шелушением поверхностного слоя бетона. Узкие трещины до 5 мм предварительно расчищают крючьями, продувают сжатым воздухом и заливают жидким битумом или дегтем при 80–100 °С. Волосные трещины покрывают тонким защитным слоем, для чего поверхность очищают, разливают жидкий битум (0,7–0,8 л/м<sup>2</sup>), рассыпают щебень (5–10 мм) в объеме 0,8–1,0 м<sup>3</sup> на 100 м<sup>2</sup> или крупный песок 0,3–0,5 м<sup>3</sup> на 100 м<sup>2</sup> и уплотняют легкими катками. Широкие трещины (5–25 мм) прочищают пальцевыми фрезами, продувают сжатым воздухом и подгрунтовывают разжиженным раствором по норме 0,1–0,2 л/м<sup>2</sup> при 15–25 °С. Подгрунтовку получают разжижением с помощью бензина резинобитумных вяжущих, полимерно-битумных, битумно-бутилкаучуковых мастик. После подгрунтовки трещины заливают мастиками или герметиками, составы которых принимают в зависимости от климатических условий. Трещины заполняют выше уровня покрытия на 3–5 мм. После проседания пасты возможно образование избытка, который снимают скребком.

*Деформационные швы* ремонтируют по той же технологии, что и широкие трещины, применяя компрессоры с набором пневмоинструмента и заливщики швов. В ряде стран трещины заделывают песчаным раствором с эпоксидной смолой.

Раковины, мелкие выбоины, отдельные очаги шелушения плит заделывают цементно- и полимербетонными смесями, а также смесями на жидком стекле. Цементобетонные смеси применяют, если можно закрыть движение на ремонтируемых участках в период набора бетоном

необходимой прочности (до 7 сут.). В отдельных случаях допускается применять асфальтобетонные смеси. Могут быть и другие методы ремонта, например обработка минеральных материалов (щебня, гравия, песка), предварительно нагретых до 120–140 °С, расплавленной пластифицированной технической серой или заполнение выбоин горячей литой смесью подобранного состава из серы, пластификатора и минерального наполнителя с содержанием серы–25–30% общего объема (рис. 9.3).

Ремонт покрытия с помощью цемента- или асфальтобетонных смесей (в том числе литых), а также смесей на жидком стекле надо выполнять в теплое время года, когда температура воздуха не ниже 5 °С. Полимербетонные смеси применяют при температуре воздуха не ниже 15 °С. Смеси укладывают на чистую сухую поверхность бетона (цементобетонные смеси укладывают на увлажненную поверхность). При ремонте цемента- и полимербетонными смесями, а также смесями на жидком промышленном стекле дополнительно очищают участки, где имеются битумные, топливные и другие пятна. Их удаляют механическим способом, выжиганием или обработкой поверхности 28%-ным раствором соляной кислоты (плотность по ареометру 1,139) из расчета 0,4–0,5 л/м<sup>2</sup>. Затем покрытие тщательно промывают водой и просушивают.

Чтобы ускорить твердение ремонтного бетона, при его приготовлении используют высокоактивные дорожные цементы марки не ниже 500, а также в воду затворения добавляют хлористый или азотнокислый кальций (до 2% массы цемента).

Ускоренное формирование отремонтированных мест (6–12 ч при температуре 20–25 °С) достигается также при использовании быстротвердеющих бетонов, для затворения которых вместо воды (в том же количестве) применяют жидкую фазу пульпы гипохлорита кальция с содержанием активного хлора 4–6%,

являющейся побочным продуктом хлороперерабатывающей промышленности. Максимальная крупность заполнителя в таких бетонах 20 мм. Такие быстротвердеющие бетоны можно применять также для срочного ремонта в осенний и весенний периоды при температуре воздуха 5 °С. При этом движение на отремонтированном участке может быть открыто через 1–7 сут.

Бетонную смесь укладывают с превышением над поверхностью покрытия на 2–3 см. В зависимости от толщины слоя смесь уплотняют поверхностными вибраторами или виброрейками (для уплотнения песчаных цементобетонных смесей применяют поверхностные вибраторы с пригрузом 10–30 кг/см<sup>2</sup>), глубинными вибраторами, а также в сочетании глубинной и поверхностной вибраций (вначале глубинные, а затем поверхностные вибраторы). При глубине разрушений более 3 мм применяют также мелкозернистый торкрет-бетон. Ремонтные работы ведут с помощью специального комплекта оборудования. Работы по ремонту покрытия торкрет-бетоном включают: подготовку поверхности, приготовление сухих смесей в стационарных бетоносмесителях или непосредственно на месте. Торкрет-бетон наносят на всю глубину ремонтируемой выбоины с превышением над поверхностью покрытия на 1–2 см. Окончательно отделяют поверхность с помощью поверхностных вибраторов или виброреек. Уход за свежеложенным бетоном осуществляют так же, как и при новом строительстве цементобетонных покрытий.

Разрушения в виде сколов кромок и углов плит, раковин и выбоин глубиной 5–15 см и шириной до 50 см можно ликвидировать с помощью быстротвердеющих мелкозернистых (песчаных) бетонов на жидком стекле. Стенки и дно выбоины за 15–20 мин до укладки бетонной смеси смазывают тонким слоем грунтовочного раствора, приготовленного из жидкого стекла и

феррохромового шлака в соотношении 1:2 по объему. Готовую смесь укладывают, равномерно распределяя мастерками и деревянными гладилками на 3–4 см выше поверхности покрытия, затем уплотняют ручными или механическими трамбовками с прямоугольным башмаком (два-три удара по каждому следу) и заканчивают уплотнение виброплощадкой.

Выполняя работы, следует учитывать сроки схватывания ремонтных составов. При температуре воздуха в пределах 15–20 °С схватывание смеси происходит через 20–50 мин после ее приготовления. Уход за отремонтированным участком аналогичен указанному выше. Движение открывают через 5–7 ч.

Эффективным ремонтным материалом являются также полимербетонные смеси, приготовленные на основе эпоксидного вяжущего. Если используют асфальтобетонные смеси, то их укладывают после подгрунтовки ремонтируемого места разжиженным битумом или битумной эмульсией из расчета 0,3–0,5 л/м<sup>2</sup>. При глубине разрушения менее 5 см смесь укладывают в один слой, при большей глубине – в два слоя с послойным уплотнением ручным катком или нагретыми трамбовками массой 12–16 кг. Литыми асфальтобетонными смесями выбоины заполняют сразу на всю глубину без уплотнения.

В местах выпучивания плит необходимо вырубить цементобетонное покрытие на ширину 0,5–1,0 м и уложить асфальтобетонную смесь на всю толщину плиты.

Важная задача содержания цементобетонных покрытий летом – проведение профилактических мероприятий, направленных на предохранение их от поверхностных разрушений. Надежным средством защиты бетонных покрытий от воздействия атмосферной влаги и противогололедных реагентов является гидрофобизация поверхности. Поскольку при этом повышается сцепление колес автомобилей с покрытием при его

увлажнении и в несколько раз снижается адгезия льда, благодаря этому также повышается безопасность движения.

Процесс гидрофобизации заключается в нанесении на покрытие растворов кремнийорганических соединений, составы и технология применения которых разрабатываются МАДИ и Гипродорнии.

Для механизации работ и снижения ручного труда разработано несколько типов дорожных ремонторов с набором оборудования для содержания дорог. За рубежом в этих целях широко применяется универсальная машина на базовом колесном шасси «Унимог». На это шасси навешивается сменное оборудование для механизации всех работ по содержанию дорог. В СССР начат выпуск подобного многоцелевого шасси МАШ-100, на которое будет навешиваться сменное оборудование для выполнения следующих операций: очистки покрытий от снежного наката и наледи, включая труднодоступные места; подметания; окашивания трав на обочинах, откосах выемок и насыпей; мойки элементов пути; рубки ухода; разметки проезжей части краской и термопластикой; окраски элементов обстановки пути; укрепления обочин; отрывки прорезей; для горячего и холодного фрезирования асфальто- и цементобетонных покрытий; покрытий; погрузки материалов; бурения; продвки ремонтных мест сжатым воздухом.

## Глава 10

### ЗИМНЕЕ СОДЕРЖАНИЕ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ

#### 10.1. Особенности эксплуатации дорог зимой

**Характеристики зимнего периода.** Зимнее содержание представляет собой комплекс мероприятий, включающий защиту дорог от заносов, их очистку от снега, борьбу с зимней

скользкостью; защиту от лавин и борьбу с наледями. Дорожная служба должна обеспечивать высокий уровень зимнего содержания, основными показателями которого являются: ширина чистой дороги без снега и льда; толщина слоя рыхлого снега на поверхности, накапливающегося с начала снегопада или метели до начала снегоочистки и в перерывах между проходами снегоочистительных машин; толщина уплотненного слоя снега (снежного наката) на проезжей части и обочинах; сроки очистки дороги от снега, ликвидация гололеда и зимней скользкости.

Зимний период года является самым сложным для эксплуатации дорог и организации движения. Продолжительность его колеблется от 20 сут в южных районах до 260 сут в северных. Зимние условия характерны короткой светлой частью суток, низкой температурой воздуха, снегопадами и метелями, формирующими снежные отложения, а также зимней скользкостью. Различают несколько типов снежно-метелевых явлений.

*Спокойный снегопад (снегопад)* – выпадение снега из облаков без сдувания и переноса ветром. Спокойный снегопад наблюдается при скорости ветра до 2–3 м/с. Толщина слоя, выпадающего за один снегопад, чаще всего составляет 1–5 см. Иногда за один снегопад выпадает 6–15 см, в редких случаях – 16–35 см. В горных районах иногда за один снегопад образуется слой толщиной до 1 м. Свежевыпавший сухой рыхлый снег имеет плотность от 0,07 до 0,12 г/см<sup>3</sup>; если выпадает влажный или мокрый снег, его плотность может достигать 0,2–0,25 г/см<sup>3</sup>.

*Верховая метель* – снегопад при ветре, когда снег переносится в слое воздуха высотой до 100 м.

*Низовая метель* – перенос частиц ранее выпавшего снега без выпадения снега из облаков. Разделяется на поземку – перенос частиц снега поднятием над уровнем снежного покрова до 30 см, и на собственно

Таблица 10.1

Зоны по трудности снегоборьбы	Продолжительность периода, сут	Количество твердых осадков зимой, мм	Высота снежного покрова, см	Объем снегоприноса, м <sup>3</sup> /м	
				в среднем	максимальный в отдельных местах
I	10-60	20-40	-	10-15	40-50
II	40-100	45-115	15-25	25	40-50
III	100-180	50-200	23-70	75	100
IV	100-180	115-205	30-74	250	400
V	140-205	75-150	26-116	400	600
VI	165-260	85-195	17-48	600-1000	1200
VII	Горные районы (перевальные участки)				

низовую метель – переносимые частицы снега поднимаются на высоту до 10 м.

*Общая или двойная метель* – сочетание низовой и верховой метели, когда одновременно переносится выпадающий из облаков снег и частицы ранее выпавшего снега. Это самые неблагоприятные для зимнего содержания условия.

Метелевые отложения, называемые *снежными заносами*, имеют большую толщину и плотность. На участках с нулевыми отметками и малыми насыпями толщина метелевых отложений составляет 0,6–1 м. Мелкие выемки заносятся полностью, а в глубоких выемках толщина отложений может доходить до 5–6 м. Плотность снега в снежных заносах 0,25–0,35 г/см<sup>3</sup>

В результате исследований, выполненных кандидатами техн. наук Г. В. Бялобжеским и А. А. Кунгурцевым [7], территория страны разделена на семь основных зон по трудности снегоборьбы на автомобильных дорогах. Характерные климатические характеристики зимнего периода в этих зонах приведены в табл. 10.1.

По уровню зимнего содержания все дороги делят на три группы: дороги с чистой проезжей частью, с чистой серединой проезжей части и с уплотненным снегом. Требования к уровню зимнего содержания каждой дороги устанавливают на основе технико-экономических расчетов с

учетом оснащенности дорожной службы машинами для зимнего содержания дорог (см. п. 10.4). Предельно допустимые значения указанных требований приведены в табл. 10.2.

Комплекс мер по зимнему содержанию включает:

*профилактические меры*, цель которых предупредить или максимально ослабить образование снежных и ледяных отложений на дороге (уменьшение снегозаносимости дорог, профилактическая обработка покрытий химическими противогололедными веществами и др.);

*защитные меры*, с помощью которых преграждают доступ к дороге снега и льда, поступающего с прилегающей местности (защита от метелевого переноса, снежных лавин, наледного льда). Главным критерием качества снегозащиты считают полное исключение отложений метелевого снега на дорогах с тем, чтобы для патрульной снегоочистки оставалось только удаление снега, выпадающего во время снегопадов;

*меры по удалению* уже возникших снежных и ледяных отложений (очистка дорог от снега и льда), а также по уменьшению их воздействия на автомобильное движение (посыпка обледеневшей поверхности дороги frictionными материалами).

Особое место в указанном комплексе принадлежит очистке дорог от снежных отложений и ликвидации зимней скользкости. На всех дорогах патрульную снегоочистку начи-

нают немедленно после начала снегопада и заканчивают после полного удаления снега с покрытия или после того, как достигнута допустимая толщина рыхлого снега. Борьбу с гололедом и зимней скользкостью начинают с момента их образования и обнаружения и ведут до полной ликвидации. Как правило, расчистку дорог от выпадающего и приносимого к ней снега необходимо производить на полную ширину земляного полотна, а ликвидацию скользкости — на ширину проезжей части и краевых укрепленных полос.

**Теория переноса и отложения снега.** Главным источником снежных отложений на дороге является снегоперенос, вызванный метелями, теория которых разработана трудами профессоров А. К. Дюнина, А. А. Комарова, Д. М. Мельника, канд. техн. наук Г. В. Бялобжеского и других. Ветром снежные частицы поднимаются над поверхностью снежного покрова и снова откладываются там, где скорость ветра снижается. Переносимые метелью частицы снега имеют различную форму и размеры: от

0,01 до 2 мм, но 90% их размером 0,1–0,25 мм. Масса переносимых частиц колеблется от 0,0001 до 0,005 г. Они могут подниматься только до определенной высоты — *потолка взвешивания*. Крупные, тяжелые снежинки перемещаются скачкообразно по поверхности снежного покрова. Такое движение называют *сальтацией*.

Снегоперенос рыхлого снега начинается при скорости ветра более 3–5 м/с, когда мелкие частицы снега размером 0,2–0,5 мм смешиваются с приземным воздухом и образуют турбулентный снеговетровой поток. Выпадающие из этого потока частицы разрушают снежную поверхность, способствуя дополнительному питанию снежинками снеговетрового потока.

При низовой метели основная масса снега переносится в приземном слое высотой 1,5–2,0 м, причем около 90% переносится на высоте 10–20 см. Количество снега, переносимого низовой метелью, определяется *транспортирующей способностью*, которая оценивается удельным твер-

Таблица 10.2

Народнохозяйственное и административное значение дорог	Интенсивность движения, авт./сут	Минимальная ширина очищенной поверхности проезжей части, м	Допустимая толщина слоя рыхлого снега на покрытии, мм	Допустимая толщина уплотненного снега на покрытии, мм	Допустимая толщина снега на обочинах, мм	Максимальный срок снегоочистки и ликвидации зимней скользкости, ч
Общегосударственного и республиканского	> 7000	На всю ширину	10	—	—	3
	3000–7000	7,5	20	—	50	4
	1000–3000	7,0	25	—	60	5
	500–1000	6,0	30	—	70	6
	200–500	6,0	35	—	80	8
Областного и краевого, местного с регулярным автобусным движением зимой	> 7000	7,5	20	—	50	3
	3000–7000	7,0	30	—	60	4
	1000–3000	6,0	40	—	70	5
	500–1000	5,0	60	—	80	6
	До 500	3,0	70	50	100	10
Местного непрерывного действия без автобусного движения	200–500	—	70	70	120	12
	До 200	—	80	100	150	16
Местного с допускаемым кратковременным перерывом	Движение нерегулярное	—	—	100–150	180–200	48

дым расходом метели. *Удельный твердый расход*, или интенсивность переноса метели, — масса снега, переносимого в единицу времени через единицу площади вертикальной плоскости, перпендикулярной направлению снеговетрового потока. Интенсивность переноса измеряют в граммах на квадратный метр в секунду или в кубических метрах на метр в час (т.е. на 1 м фронта метели).

В общем виде эта зависимость описывается формулой Д. М. Мельника ( $\text{м}^3/\text{м}\cdot\text{ч}$ )

$$Y_{\max} = C v_{\phi}^2, \quad (10.1)$$

где  $C$  — коэффициент пропорциональности, размер которого зависит от плотности снега в метелевых сугробах;  $v_{\phi}$  — скорость ветра на высоте флюгера (т.е. на высоте 10–15 м), м/с.

Для большей части европейской территории СССР, где плотность снега равна  $0,25 \text{ т}/\text{м}^3$ , коэффициент пропорциональности  $C = 0,00031$ ; для Сибири, Казахстана, востока и юго-востока европейской части СССР  $C = 0,00026$ .

Метелевый поток может быть насыщенным и ненасыщенным. *Насыщенный* — ветровой поток переносит количество снега, соответствующее его максимальной транспортирующей способности, *ненасыщенный* — масса переносимого снега меньше предела насыщения. Для того чтобы поток стал насыщенным, необходим определенный путь разгона метели, или *длина разгона метели*. Для верховой метели

$$L_p = 86,4 Y_{\max} / i, \quad (10.2)$$

где  $Y_{\max}$  — максимальный твердый расход снеговетрового потока;  $i$  — интенсивность снегопада, мм/сут.

Длина разгона метели составляет 100–400 м. Вся масса снега, проносящегося в единицу времени через 1 м фронта метелевого потока (на всю его высоту), называется полным, или общим, расходом ( $\text{г}/\text{м}^2\cdot\text{с}$ )

$$W_0 = 0,08 (v_{\phi} - 5)^3. \quad (10.3)$$

Переносом снега (снегопереносом) называют массу или объем снега,

перенесенного за время  $t$ ,

$$W_n = It = C v_{\phi}^2 t. \quad (10.4)$$

Масса снегопереноса имеет размерность граммы на квадратный метр, а объем снегопереноса — кубические метры на метр.

В отличие от размера снегопереноса в теории зимнего содержания дорог используют значение снегоприноса.

*Снегопринос* — количество снега, приносимого метелями к дороге в течение зимы. Объем его обычно составляет только часть общего снегопереноса. Существуют два основных способа определения объема снегоприноса: способ расходов и способ балансов. Способ расходов, или суммарных переносов, впервые разработанный Д. М. Мельником, заключается в следующем. Суммарное количество снега, перенесенное к дороге с каждой ее стороны в течение зимы  $W_{с.д}$ , равно сумме количества снега, принесенного в течение всех метелей, дувших с данной стороны дороги. Количество снега, принесенное к дороге в течение одной метели, равно сумме снега, который был принесен ветром различных направлений в течение действия метели в данных направлениях. С учетом сказанного снегопринос к одной стороне дороги за год составляет [с использованием формулы (10.3) для определения полного расхода метелевого потока]

$$W_{с.д} = \frac{2,9 \cdot 10^4}{\gamma_c} \sum_1^N \sum_1^m (v_{\phi i} - 5)^3 \sin \alpha_i C_{ki}, \quad (10.5)$$

где  $N$  — число случаев метелей в течение зимы;  $m$  — число случаев изменения направлений, с которых дули ветры в каждую метель;  $v_{\phi i}$  — скорость ветра по флюгеру во время метели, м/с;  $\alpha_i$  — углы между направлением ветра и дорогой во время метелей;  $C_{ki}$  — продолжительность действия метелей, ч;  $\gamma_c$  — плотность снега в снежных отложениях у дороги.

Для всех ветров определенного румба принимают один угол  $\alpha$ , средний для данного румба.

Ветер со скоростью менее 6 м/с, дующий под углом менее  $10^\circ$ , и вет-

Таблица 10.3

Наименование машины	Потребность, шт./100 км, для районов по трудности снегоочистки			
	I	II	III	IV и V
Одноотвальный плужный снегоочиститель	4	6	8	9
Снегоочиститель шнеко-роторный на автомобильном шасси или фрезерно-роторный на базе колесного трактора К-701	1	1,5	3	4
Бульдозер мощностью 118 кВт	—	—	1	2
Автогрейдер средний	2	2	3	3
Снегопогрузчик фрезерно-роторный	—	0,5	1	2
Распределитель твердых противогололедных материалов на базе автомобилей ЗИЛ-130, ЗИЛ-133	8	8	8	8
Распределитель жидких противогололедных материалов на базе автомобилей ЗИЛ-130	2	3	3	3

ры при положительных температурах, не учитывают. Данные по ветровому режиму берут на ближайшей метеостанции за последние 10 лет и затем, пользуясь формулой (10.5) определяют  $\bar{W}_{с.д}$  за каждый год. Далее составляют статистический ряд и находят расчетный снегопринос заданной обеспеченности

$$W_p = \bar{W}_{с.д} + \sigma t, \quad (10.6)$$

где  $\bar{W}_{с.д}$  — среднеарифметическое значение снегоприноса к данной стороне дороги за 9–15 лет, м<sup>3</sup>/м;  $\sigma$  — среднее квадратичное отклонение  $W_{с.дi}$  за  $N$  лет,

равное  $\sigma = \sqrt{\sum_{i=1}^N (\bar{W}_{с.д} - W_{с.дi})^2 / N}$ ;  $t$  — коэффициент, равный 1,5 для дорог II–IV категорий и 2,0 — для дорог I категории, т.е. соответственно учитывается 90%-ная и 95%-ная обеспеченность.

Метод балансов основан на следующих исходных положениях. Для любой примыкающей к дороге ограниченной территории, называемой снегоборным бассейном, справедлив баланс снежных масс

$$W_n = W_o + W_c - W_n - W_b, \quad (10.7)$$

где  $W_n$  — остаток снега в бассейне в конце зимы, сохранившийся в виде снежного покрова;  $W_o$  — снег, выпавший из облаков (твердые осадки);  $W_c$  — принос снега извне ветром;  $W_n$  — испарение и таяние;  $W_b$  — вынос снега ветром за пределы бассейна.

Снегопринос к дороге  $W_{с.д}$  равен выносу снега ветром за пределы бассейна, помноженному на синус угла

между направлением ветра, несущего снега, и дорогой:

$$W_{с.д} = W_n \sin \alpha = (W_o + W_c - W_n - W_b) \sin \alpha, \quad (10.8)$$

где  $\alpha$  — угол между ветром и дорогой, град.

Ввиду большой сложности метода балансов почти во всех случаях при практических расчетах пользуются методом расходов [7, 18, 44].

**Организация и метеорологическое обеспечение зимнего содержания.** Каждая дорожная организация до наступления зимнего периода составляет детальный план подготовки и организации зимнего содержания дороги с учетом опыта предыдущих лет. План содержит график работ, схему защиты дороги от заносов, очередность и сроки очистки участков от снега и ликвидации зимней скользкости, состав отрядов и порядков работы машин, схему размещения без противогололедных материалов, порядок организации дежурства и системы оповещения о погоде и условиях движения, другие данные со всеми обосновывающими материалами, содержащимися в пояснительной записке (рис. 10.1).

В табл. 10.3 приведены рекомендуемые техническими правилами содержания и ремонта автомобильных дорог средства механизации для зимнего содержания дорог II и III категорий в различных районах сне-

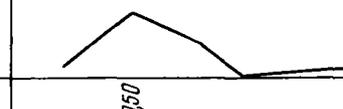
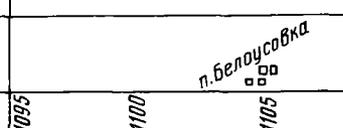
<i>Высота насыпи (рабочие отметки)</i>		1,00 1,20 0,00 0,30 1,00 0,60 0,30 0,00
<i>Сокращенный продольный профиль</i>		
<i>Глубина выемки (рабочие отметки)</i>		0,50
<i>Направление господствующих ветров зимой по отношению к оси дороги</i>		ЮВ
<i>Левая сторона дороги</i>	<i>Снегозадерживающие устройства</i>	<i>Временные</i>
		<i>Постоянные</i>
	<i>Начало и конец снегозаносимого участка</i>	
	<i>Объем снегоотложений, м<sup>3</sup>/м</i>	
<i>Ситуация</i>		
<i>Километраж</i>		1095      1100      1105
<i>Правая сторона дороги</i>	<i>Ситуация</i>	
	<i>Объем снегоотложений, м<sup>3</sup>/м</i>	
	<i>Начало и конец снегозаносимого участка</i>	
	<i>Снегозадерживающие устройства</i>	<i>Постоянные</i>
<i>Временные</i>		
<i>Наименование снегоочистителей и зоны, обслуживаемые ими</i>		КДМ-130Б
<i>Места стоянок снегоочистителей</i>		
<i>участки первоочередной борьбы со скользкостью</i>		
<i>Мероприятия по борьбе с обледенениями, применяемые машины и оборудование</i>		<i>Распределение</i>
<i>Места стоянок оборудования и места складов с материалами для борьбы с обледенениями</i>		
<i>Служебные здания дорожной службы и пункты обогрева</i>		
<i>Границы участков или дистанций</i>		<i>Участок №1</i>

Рис. 10.1. Схема органи

гоборьбы. Для каждой дороги они должны быть уточнены расчетом, учитывающим конкретные условия эксплуатации данной дороги. Машины для зимнего содержания должны быть заблаговременно отремонтированы и не менее чем за месяц до

начала зимнего периода опробованы.

Плужные автомобильные снегоочистители и автогрейдеры на весь зимний период закрепляют за мастерскими участками, ДРП или другими низовыми звеньями, где они



В дорожно-эксплуатационных организациях организуют заправочные пункты с 10-дневным запасом топлива и смазки, подготавливают гаражи и места стоянок снегоочистителей и пескоразбрасывателей, обращая особое внимание на систему отопления и оборудование водо- и маслогреек. Заблаговременно ремонтируют и утепляют помещения для отдыха и обогрева рабочих и водителей. Противогололедные химические материалы и песок должны быть завезены на склады и их смешивание (при необходимости) произведено до наступления дождливого периода.

Заготовку новых щитов, кольев, материалов для привязки щитов, ремонт снегозадерживающих средств завершают не позднее чем за месяц до снегоборьбы. Установку кольев необходимо заканчивать до наступления заморозков, щитов – после того, как земля замерзнет. На дорогах, где возможны интенсивные длительные метели, при линейных дорожных организациях создают оперативный резерв переносимых снегозадерживающих щитов в количестве, достаточном для ограждения участков, где защита отработала или не выставлялась совсем.

Искусственные сооружения, не имеющие перил, в том числе трубы, обставляют предупреждающими вежами, чтобы водители снегоочистителей и проезжающих автомобилей могли определить безопасную ширину проезда.

Снегоборьбой руководят непосредственно начальники и главные инженеры дорожных подразделений. С начала работ в дорожных хозяйствах организуют непрерывное круглосуточное дежурство. Для успешного проведения работ по зимнему содержанию дорожные подразделения должны быть связаны между собой телеграфно-телефонной связью, а машины, работающие на очистке дорог от снега, – оборудованы радиосвязью.

Чтобы обеспечить эффективное зимнее содержание, дорожные организации должны иметь системати-

ческую информацию об опережающих краткосрочных прогнозах погоды, получаемую по договорам с ближайшими организациями гидрометеослужбы. Чтобы оперативно оценивать погодные условия и принимать обоснованные решения о сроках начала ликвидации гололеда и уборки снега, а также о применении профилактических мероприятий для борьбы с гололедом, целесообразно в дорожных организациях создавать собственные метеорологические посты или станции по опыту зарубежных стран. Задача таких постов и станций – наблюдать за изменением метеорологических элементов, влияющих на зимнее содержание дорог, а также предупреждать дорожную службу о начале образования гололеда, снегопада или метели. В СССР такие посты созданы на некоторых дорогах Украины, Прибалтийских республик и РСФСР. Необходимо систематически измерять снежные отложения у защитных устройств. Для определения снегоприноса создают снегомерные пункты у защитных линий, на каждом из них разбивают реечный створ перпендикулярно линии снегозащитных устройств или насаждений. Зимой по рейкам после каждой метели, снегопада или оттепели замеряют высоту снежных отложений и заносят в журнал. По окончании зимы вычерчивают поперечные профили снежных отложений, подсчитывают площадь полученных сечений и определяют объем снегоприноса.

## **10.2. Снегозаносимость дорог и способы защиты от снежных заносов**

Под *снегозаносимостью* понимают подверженность дорог образованию снежных заносов. Количественной характеристикой снегозаносимости является отношение объема снега, отложившегося на дорожном полотне, к общему количеству снега, принесенного метелями к дороге.

Снег из снеговетрового потока выпадает там, где по каким-либо причинам снижается скорость потока и уменьшается транспортирующая способность в приземном слое. Если скорость потока перед преградой  $v_1$ , а за преградой  $v_2$ , причем  $v_1 > v_2$ , то уменьшение транспортирующей способности насыщенной метели за преградой

$$\Delta I = C(v_1^3 - v_2^3). \quad (10.9)$$

Эта часть переносимого снега выпадает из потока около преграды. Чем сильнее тормозится ветер над насыпью, выемкой или у какой-либо преграды, тем вероятнее отложение снега. На принципе замедления скорости и уменьшения транспортирующей способности снеговетрового потока основана работа снегозадерживающих устройств.

Главнейшим фактором, от которого зависит снегозаносимость дороги, является ее поперечный профиль. Чтобы обеспечить снегозаносимость дороги, необходимо выполнить два основных требования к поперечному профилю: земляное полотно должно быть аэродинамически обтекаемым для ветра без образования вихревых зон; скорость ветра над всей поверхностью дороги должна быть достаточной для сдувания попадающего на нее снега. Возникающие около земляного полотна или преград зоны завихрения оказывают тормозящее действие на движение приземного слоя снеговетрового потока и способствуют увеличению снежных отложений. Дорога представляет собой препятствие, у которого возникает зона затишья, называемая ветровой и аэродинамической тенью.

Любые препятствия и неровности на поверхности земляного полотна и проезжей части могут вызвать снежные отложения. Поэтому нельзя допускать неправильной снегоочистки. Наличие снежных валов, колея, несвоевременное удаление снегопадных отложений, применение снегоочистителей с малой дальностью отбрасывания ухудшают обтекаемость

дороги и усиливают ее снегозаносимость. Движущийся поток автомобилей по дороге во время метели также способствует снегоотложениям.

По степени заносимости все участки делят на снегонезаносимые и снегозаносимые. К *снегонезаносимым* относят участки, пересекающие лесные массивы, а также сады и кустарники, если их ширина не менее 100–250 м с каждой стороны дороги; выемки глубже 8,5 м при годовом снегоприносе до 100 м<sup>3</sup> на 1 м дороги; участки, пересекающие крупные населенные пункты с застройкой по обеим сторонам дороги; насыпи высотой не меньше требуемой по снегозаносимости.

*Снегозаносимые участки* делят на три категории: слабозаносимые – насыпи, высота которых равна или больше толщины снежного покрова  $H_n$ , но не больше высоты снегонезаносимой насыпи  $H_{нз}$ ; насыпи с барьерами безопасности; пересечения в одном уровне; среднезаносимые – раскрытые выемки; полувыемки-полунасыпи; нулевые места и невысокие насыпи (ниже  $H_n$ ); пересечения в разных уровнях; участки, проходящие через небольшие населенные пункты в районах с интенсивными общими метелями; сильнозаносимые – нераскрытые выемки, подветренный откос которых не может вместить снег, приносимый метелями и выпадающий при снегопадах; все выемки на кривых в плане.

**Способы защиты дорог от снежных заносов.** Заносимые участки можно защитить от снежных заносов тремя путями: задержать переносимый метелью снег на подступах к дороге и вызвать образование снежных отложений на безопасном расстоянии или в заранее подготовленном месте; увеличить скорость снеговетрового потока над дорогой и предотвратить снежные отложения на дороге; полностью укрыть дорогу от снега с помощью специальных сооружений.

Практическое использование получили два первых способа. Строительство сооружений, полностью за-

щищающих дорогу от попадания снега, кроме противолавинных галерей, еще только начинает находить применение в мировой практике. По продолжительности службы все снегозащитные сооружения и устройства делят на постоянные и временные.

К *постоянным* относят средства защиты, которые устраивают при строительстве, реконструкции или ремонте дороги на весь срок ее службы: снегозащитные лесонасаждения, совершенствование форм и параметров земляного полотна, аккумуляционные полки в выемках; железобетонные или деревянные снегозадерживающие и снегопредваряющие заборы; навесы, галереи и т. д.

К *временным* относят средства защиты, которые ежегодно устраивают или устанавливают осенью или вначале зимы: снежные валы и снежные траншеи; деревянные переносные щиты; сетки, полотна и ленты из полимерных или бумажных материалов и др.

По принципу работы снегозадерживающие устройства могут быть разделены на две группы: работающие как сплошные (глухие) преграды и как преграды с просветами (решетчатые). Снегогасящие свойства преград характеризуют проникаемостью и просветностью. Проницаемость преграды оценивают коэффициентом  $r = v_1/v_2$  (где  $v_1$  – средняя скорость ветра за преградой;  $v_2$  –

средняя скорость ветра на подходах к преграде).

Просветность оценивают коэффициентом  $p = S_1/S_2$ , где  $S_1$  – площадь просветов;  $S_2$  – общая площадь преграды (для сплошных преград  $p = 0$  и  $r = 0$ ).

Большое влияние на работу снегозадерживающих преград оказывают вихревые зоны, возникающие около препятствий при прохождении ветрового потока. Обратные течения воздуха в вихревых зонах сгоняют снег к преграде, которая заносится с образованием обтекаемой поверхности отложившегося снега. За сплошной преградой формируется мощная вихревая зона (рис. 10.2). При просветности 0,4–0,5 эта зона практически отсутствует, а снежный вал за преградой растянут значительно больше, чем за сплошным забором.

У сплошных преград снег сначала откладывается с наветренной стороны. Достигнув высоты вала, равной  $\frac{2}{3}H$ , снег начинает откладываться с подветренной стороны. Когда высота отложений достигнет высоты преграды (преграда зарабатывается), поток свободно обтекает препятствие. Откосы с наветренной стороны имеют крутизну 1:5–1:8, с подветренной – 1:8–1:10.

У преграды с просветностью снег вначале задерживается в виде слоя высотой до 15 см с наветренной сто-

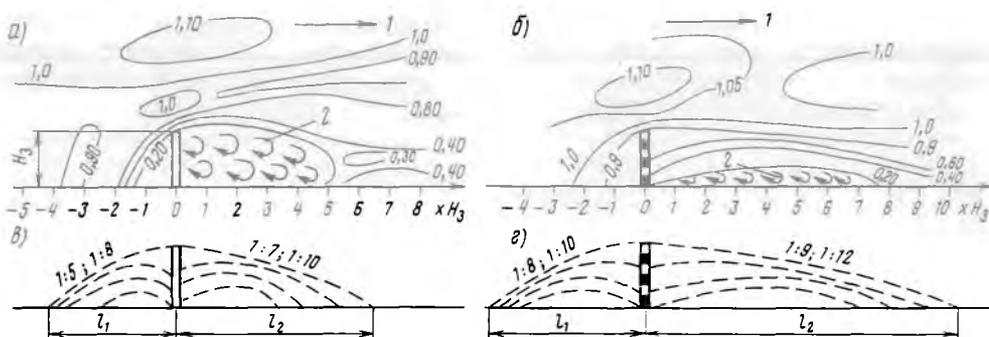


Рис. 10.2. Схема отложений снега у преград:

а, б – относительные скорости ветра у преград сплошных и с просветностью  $p = 0,5$ ; в, г – образование снежных валов у преград сплошных и с просветностью; 1 – направление ветра; 2 – вихревые зоны

роны. Далее снеговетровой поток, проходя с повышенной скоростью через просветы, пронесит снег за преградой, где скорость ветра внезапно снижается и возникают отложения. В дальнейшем происходит одновременное образование снежного вала с обеих сторон до полной загрузки преграды, при которой крутизна откосов с наветренной стороны составляет 1:8–1:10, а с подветренной – 1:9–1:12. Поскольку длина отложений у преград с просветами больше, чем у сплошных преград, они задерживают больше снега. Объем снегоотложений при полной загрузке преграды называют *снегоемкостью* защиты. Ее можно определить по приближенной формуле ( $\text{м}^3/\text{м}$ )

$$W = (1 + n)H^2, \quad (10.10)$$

где  $n$  – коэффициент (для сплошных преград равен 7–9, для преград с просветностью – 8–12).

Исследования проф. А. К. Дюнина и канд. техн. наук Г. В. Бялобжеского показали, что оптимальные снегозадерживающие устройства должны быть проницаемыми без завихренных зон с просветностью 0,4–0,5. Расстояние от снегозащитных преград до дороги не должно быть меньше  $15H$ , иначе шлейфы отложений достигнут дороги.

**Постоянные снегозащитные средства и сооружения.** Самым надежным и экономичным постоянным средством снегозащиты являются *снегозащитные лесонасаждения* – основной вид защиты автомобильных и железных дорог от снежных заносов. Однако и они обладают рядом недостатков: для их размещения вдоль дорог необходимы значительные земельные площади; лесные насаждения медленно растут и вступают в работу; они требуют постоянного ухода.

Принципы работы, порядок создания и ухода за насаждениями изложены в п. 11.2.

**Совершенствование формы и размеров земляного полотна.** Одна из причин образования снежных заносов – нарушение требований снегоза-

носимости к параметрам и форме земляного полотна на стадии проектирования или отступления от проектных решений при строительстве; особенно часто эти нарушения и отступления встречаются на участках выемок, поэтому служба эксплуатации дорог в процессе ремонта выполняет работы по приданию земляному полотну обтекаемого профиля, уположиванию откосов, поднятию насыпей и др.

Главными мерами, обеспечивающими незаносимость насыпей, являются подъем земляного полотна до незаносимой отметки и придание поперечному профилю дороги очертания, обтекаемого для снеговетрового потока. Высота незаносимой насыпи ( $\text{м}$ )

$$H_n = H_n + \Delta H, \quad (10.11)$$

$H_n$  – расчетная высота снежного покрова с вероятностью превышения 5%,  $\text{м}$ ;  $\Delta H$  – возвышение над снежным покровом, обеспечивающее незаносимость насыпи,  $\text{м}$  (принимают по СНиП 2.05.02-85).

Для улучшения обтекания земляного полотна снеговетровым потоком особенно на пересечениях дорог следует по возможности уменьшать число ограждений, ориентирующих столбиков и других препятствий, которые могут задерживать снег, переносимый метелью. На участках выемок чаще всего уположивают откосы, устраивают аккумуляционные полки или полости. При этом исходят из того, что выемки с крутыми откосами незаносимы, если объем снегоприноса к дороге меньше объема снега, который может разместиться на подветренном откосе выемки. Условие незаносимости выемок с крутыми откосами ( $\text{м}^3/\text{м}$ )

$$W_{от} \geq W_i + W_n, \quad (10.12)$$

$W_i$  – объем снега, попадающего на откос при снегопадах,  $\text{м}^3/\text{м}$ ;  $W_n$  – объем снега, поступающего к откосу с поля,  $\text{м}^3/\text{м}$ .

Обычно в выемках глубиной от 1 до 6  $\text{м}$  откосы уположивают от 1:4 до 1:6. Чтобы обеспечить незаносимость выемок глубиной до

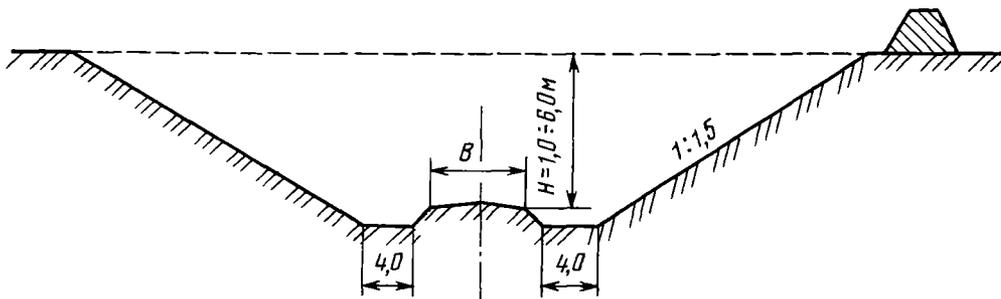


Рис. 10.3. Схема выемки с аккумуляционными полками

1 м, их раскрывают или разделяют под насыпь.

Исследования канд. техн. наук Е. П. Андрулиониса показывают, что в начале зимы, когда поперечный профиль раскрытых выемок не искажен отложениями, значительная часть переносимого метелями снега действительно проносится через выемки. Однако в процессе очистки поперечный профиль раскрытых выемок неизбежно искажается и количество задерживающегося в них снега быстро растет, пока пронос не прекращается полностью. С этого времени раскрытые выемки превращаются в сильно заносимые. По указанным причинам такие выемки везде ограждают средствами снегозащиты. В процессе ремонта рекомендуется доводить параметры выемок до следующих профилей:

*профиль 1* – раскрытая выемка глубиной до 1 м. Откосы таких выемок разрешается запахивать, причем уклон их назначается от 1:7 до 1:10. Выемки с таким профилем должны ограждаться снегозащитой;

*профиль 2* – выемка с крутыми откосами. Их устраивают при глубине более 1 м в любой местности, кроме случаев, для которых целесообразен профиль 3. Если объем снегоприноса больше снегоемкости неветренного откоса, выемки с таким профилем надо ограждать снегозащитой;

*профиль 3* – выемка глубиной до 6 м с дополнительной полкой для проезда снегоочистителей и глухой преградой переменной высоты (рис.

10.3). Рекомендуется для участков с особенно ценными сельскохозяйственными землями, где экономически нецелесообразно размещать на полях вдоль дорог снегозащитные устройства постоянного типа или насаждения. В таких выемках с обеих сторон (или с одной, если метельные ветры имеют устойчивое одностороннее направление) устраивают полки-резервы шириной 4 м и более. Такие полки называют аккумуляционными. Размеры их назначают так, чтобы снег, приносимый за наиболее интенсивную метель, разместился в пределах полок и откосов, а его отложения не выходили за проезжую часть [5, 18].

После метели снег из пределов полок удаляют роторными снегоочистителями.

Снегоемкость откосов выемки уменьшается по направлению от наиболее глубокого места к входам и выемку. Чтобы избежать уменьшения снегоемкости откосов, грунт, полученный при разработке выемки, отсыпают в виде кавальеров, высота которых нарастает по направлению к входам в выемку (рис. 10.4).

Участки дорог, где нельзя уменьшить снегозаносимость совершенствованием форм земляного полотна, защищают от снежных заносов лесонасаждениями, заборами или другими средствами. Надежным средством защиты дорог от снежных заносов являются *высокие снегозадерживающие заборы*: двухпанельные с просветностью решетки 50% и однопанельные с просветностью решетки

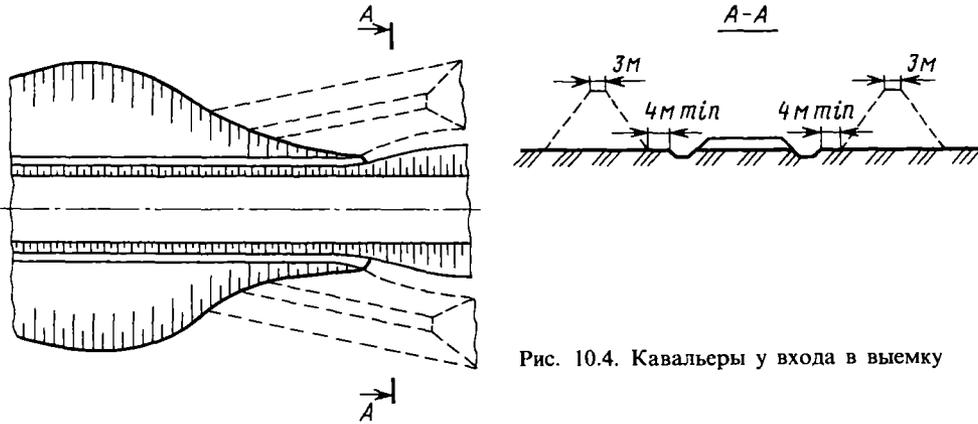


Рис. 10.4. Кавальеры у входа в выемку

до 70% (рис. 10.5). Однопанельные заборы в основном применяют для вторых и третьих рядов многорядных линий заборов, двухпанельные — при устройстве заборов в один ряд или в ближайшем к дороге ряду многорядных линий заборов. Заборы бывают из дерева или сборные из железобетона.

В зависимости от направления господствующих метелевых ветров и рельефа местности заборы устанавливают на расстоянии  $h = (15 \div 25) H_3$  от дороги (где  $H_3$  — высота забора). Высоту забора определяют исходя из объема снегоприноса к дороге (М)

$$H_3 = 0,34 \sqrt{W_{с.д}} + H_n, \quad (10.13)$$

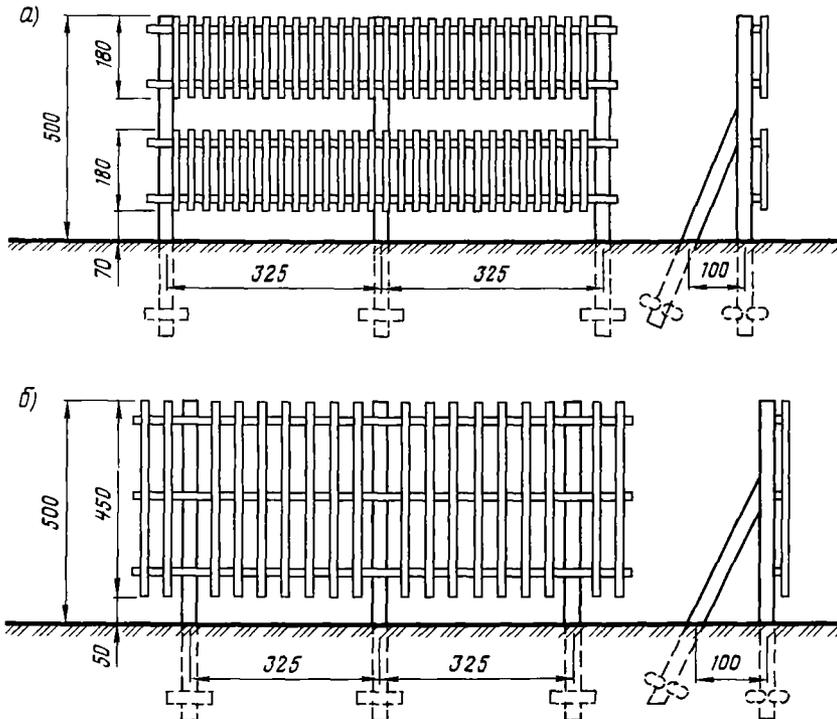


Рис. 10.5. Снегозадерживающие заборы:  
а — двухпанельный; б — однопанельный

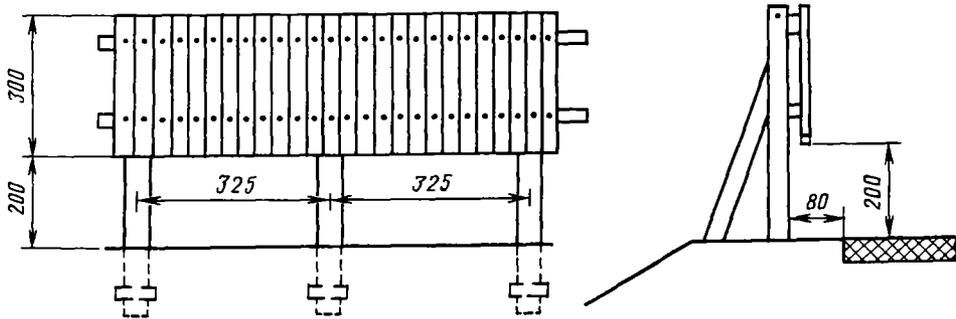


Рис. 10.6. Снегопередувающий забор

где  $W_{с.д}$  — объем снегоприноса,  $м^3/м$ , из расчета 7% обеспеченности;  $H_n$  — средняя многолетняя наибольшая высота снежного покрова в данной местности, м.

Заборы выше 5 м по технико-экономическим соображениям делать не рекомендуется. Если по расчету требуется большая высота, то устраивают два, три и более рядов заборов. Общая снегосборная способность заборов, поставленных в несколько рядов ( $м^3/м$ ),

$$W_z = 0,8(n - 1)H_n l + 8H_n^2, \quad (10.14)$$

где  $n$  — число рядов заборов;  $H_n$  — высота забора, м;  $l$  — расстояние между рядами заборов, м, которое следует принимать равными  $30H_n$ .

Заборы *снегопередувающего действия* (рис. 10.6) составляют особую группу снегозащитных устройств. Их работа основана на увеличении скорости снеговетрового потока в момент прохождения над дорогой, что предотвращает образование на ней снежных отложений. Заборы *снегопередувающего действия* рекомендуются при одновременном соблюдении следующих условий: господствующие ветры направлены под по-

стоянным углом от 50 до 90° к оси дороги; сухой и легкоподвижный снег; объем снегопереноса более 300–350  $м^3/м$ .

Защищать заборами *снегопередувающего действия* можно выемки глубиной до 5 м, низкие насыпи и нулевые места. Для защиты полувыемок-полунасыпей заборы *снегопередувающего действия* следует применять, если уклон косогора не превышает 45°. Заборы *снегопередувающего действия* могут быть из дерева или сборные из железобетона и керамзитбетона.

*Снегоизолирующие постоянные сооружения* (рис. 10.7) предназначены для полной защиты дороги от снегопадов и метелей. Конструктивно такая снегозащита выполняется в виде галерей в горных районах. Для защиты от метелей и снегопадов можно устраивать легкие ограждающие конструкции на наиболее опасных по снегозаносимости участках в виде навесов из полиэтиленовых пленок, надувных навесов или других легких материалов и конструкций.

**Временные снегозадерживающие устройства.** Простейшие из них снеж-

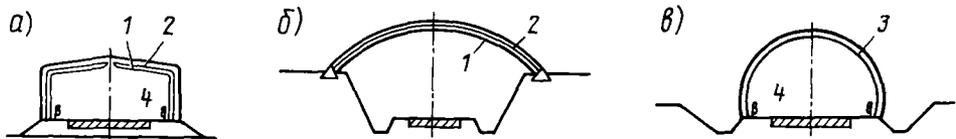


Рис. 10.7. Снегоизолирующие постоянные сооружения:

*а* — на низких насыпях; *б* — на участках снегозаносимых выемок; *в* — на нулевых участках и на мелких выемках; 1 — железобетонный или деревянный каркас; 2 — прочная полиэтиленовая пленка или стекловолоконное полотно; 3 — надувная конструкция; 4 — ограждение

ные стенки или валы высотой 0,5–0,8 м, которые устраивают снегособирающими (риджерами). Лучше работают стенки с разрывами или из отдельных столбов и пирамид. Снежные валы можно устраивать, когда толщина снегового покрова не менее 20 см.

Наиболее распространенным видом защитных устройств из снега являются траншеи, которые выкапывают с помощью двухотвальных снегоочистителей или бульдозеров. Снегооборная способность траншеи при глубине 1,5 м и ширине 3–4 м, создаваемой за один проход двухотвального тракторного снегоочистителя, составляет около 12 м<sup>3</sup>/м. Снегозащитные траншеи прокладывают в несколько рядов параллельно дороге. Число траншей, которое необходимо одновременно иметь для надежной защиты дороги, зависит от объема снегоприноса:

Объем снегоприноса до 100 м <sup>3</sup> /м	–	траншей не менее 3
Объем снегоприноса до 200 м <sup>3</sup> /м		траншей не менее 4
Объем снегоприноса > 200		траншей не менее 5

Оптимальное расстояние между осями соседних траншей составляет 12–15 м. Ближайшая траншея должна быть расположена от дороги не

ближе 30 м и не дальше 100 м. После заполнения траншей снегом до половины глубины их прочищают машинами. Когда толщина снегоотложений в траншеях достигнет 1,0–1,5 м, их не возобновляют, а на расстояниях 12–15 м от старых траншей прокладывают новые.

*Переносные деревянные щиты* – маневренное средство снегозащиты – могут применяться в качестве самостоятельного средства защиты дорог от снежных заносов или как средство усиления посадок или заборов. Значительно меньше заносятся снегом щиты с неравномерно распределенным наполнителем, при котором решетка сгущена в верхней части и разрежена в нижней.

Применяются четыре типа щитов с разреженной нижней частью (рис. 10.8):

тип I – щиты высотой 2 м с общей просветностью 50%, просветностью нижней половины 60%, верхней – 40%;

тип II – щиты высотой 1,5 м с общей просветностью 50%, просветностью нижней половины 60%, верхней – 40%;

тип III – щиты высотой 2 м с общей просветностью 60%, просветностью нижней части 70%, верхней – 50%;

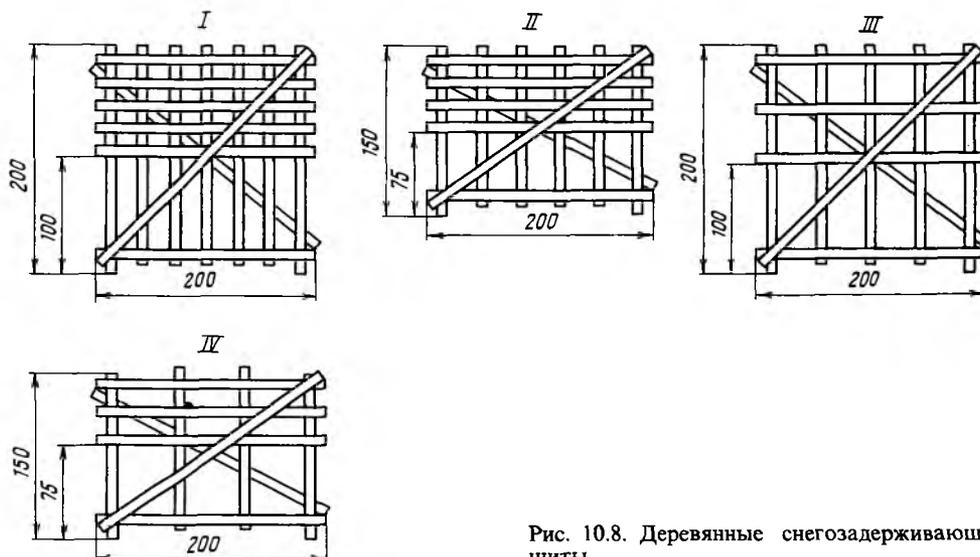


Рис. 10.8. Деревянные снегозадерживающие щиты

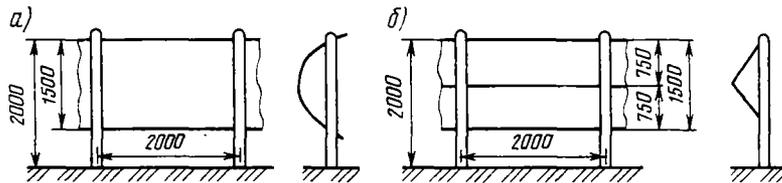


Рис. 10.9. Временное пространственное средство:  
*а* – с рулонным заполнением; *б* – с листовым уголковым заполнением

тип *IV* – щиты высотой 1,5 м с общей просветностью 60%, просветностью нижней части 70%, верхней – 50%.

Щиты типа *I* применяют в районах с объемом снегопереноса более  $100 \text{ м}^3/\text{м}$  и скоростью ветра более 20 м/с; щиты типа *II* – в районах с объемом снегопереноса менее  $100 \text{ м}^3/\text{м}$  и скоростью ветра более 20 м/с; щиты типа *III* – при объеме снегопереноса более  $100 \text{ м}^3/\text{м}$  в районах со скоростью ветра менее 20 м/с; щиты типа *IV* – при объеме снегопереноса менее  $100 \text{ м}^3/\text{м}$  в районах со скоростью ветра менее 20 м/с.

Наряду с деревянными снегозащитными устройствами начинают использовать щиты из пластмассовых материалов. Щиты привязывают к кольям. Расстояние от дороги до щита назначают равным 15–20 высотам щита, между рядами в многорядных щитовых линиях – равным 25–30 высотам щита.

Щитовые линии в один-три и более рядов обычно располагают параллельно дороге, если преобладают косые ветры (дующие под острыми углами к дороге), рекомендуется ставить короткие звенья щитов перпендикулярно к основной щитовой линии с таким расчетом, чтобы концы этих звеньев подходили к дороге не ближе чем на 10–15 м.

По мере отработки щиты представляют на вершину образующегося около них снежного вала. Перестановку нужно производить, когда высота вала составит от  $\frac{2}{3}$  до  $\frac{3}{4}$  высоты щита.

При объемах снегоприноса до  $75 \text{ м}^3/\text{м}$  можно применять *временные пространственные снегозащит-*

*ные средства*, предложенные канд. техн. наук В. А. Коломийцем. Они могут иметь рулонное или листовое заполнение (рис. 10.9). Их устанавливают параллельно оси дороги на расстоянии  $30H$  от бровки земляного полотна.

В зарубежной практике широкое применение находит сетка на полимерной основе, которая крепится к кольям (стойкам) на высоте 30 см над уровнем земли. Снегозащитное устройство из сетки должно находиться на расстоянии 60 м от бровки земляного полотна защищаемой дороги. Рекомендуемая просветность сетки 55%, размер ячеек  $30 \times 30 \text{ мм}$  и перемычек 10 мм при ширине рулона 1300–1500 мм. Для удобства эксплуатации рекомендуются рулоны длиной 20–30 м.

Эффективны снегозадерживающие заборы (10.10), просветность которых непрерывно изменяется в зависимости от скорости ветра, позволяя значительно увеличить объем задерживаемого снега. Конструкция такого забора разработана в Гипродорнии.

**Комплексная снегозащита дорог.** Широко применяется комплекс временных и постоянных средств защиты дорог от снежных заносов. Общая снегоемкость комплексной снегозащиты

$$W = W_{\text{вр}} + W_{\text{пос}}, \quad (10.15)$$

где  $W_{\text{вр}}$  – суммарная снегоемкость временной снегозащиты;  $W_{\text{пос}}$  – суммарная снегоемкость постоянной снегозащиты.

Простейший вид комплексной защиты – сочетание снежных валов и траншей с переносными решетчатыми щитами. При неоднократной пе-

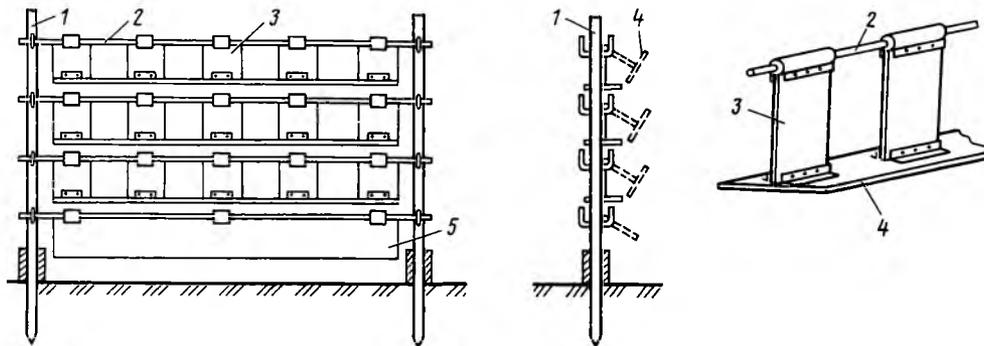


Рис. 10.10. Снегозадерживающий забор с изменяющейся просветностью:  
1 — опора; 2 — ось; 3 — вертикальный щиток; 4 — горизонтальный щиток; 5 — нижний щиток

рестановке щитов и устройстве траншей за зиму это позволяет задерживать до  $200 \text{ м}^3/\text{м}$ . Некоторые варианты комплексной снегозащиты из простейших средств приведены в табл. 10.4.

Оптимальный комплекс средств защиты определяют на основе расчета общей (абсолютной) и сравнительной экономической эффективности.

**Очистка дорог от снега.** Различают следующие виды снегоочистительных работ: патрульная очистка; удаление валов; расчистка снегопадных отложений и снежных заносов небольшой толщины; расчистка снежных заносов значительной толщины; расчистка лавинных завалов.

**Патрульная снегоочистка** — систематическое удаление снега с проезжей части в течение снегопада или метели путем непрерывного патрулирования. Цель такой очистки — не дать снегу накопиться на проезжей части. Патрульную очистку необходимо начинать дежурными снегоочистительными машинами сразу с начала снегопада. Если ее начинать с опозданием, то рыхлый снег под колесами автомобилей превращается в накатанный слой, практически не снимаемый при патрульной очистке.

Снегоочистительные машины должны работать на скорости не менее  $30\text{--}35 \text{ км/ч}$  с целью повышения производительности и дальности отбра-

сыпания снега за пределы дорожного полотна. Слой выпадаемого снега толщиной до  $3\text{--}5 \text{ см}$  снегоочистительные машины сбрасывают на расстояние  $l$  от центра очистки в зависимости от скорости движения<sup>1</sup>:

$v$ , км/ч	30	35	40	45	50	60
$l$ , м	6,7	9,2	10,2	12,1	12,8	17,0

Однако скорость ограничивается толщиной слоя. С увеличением толщины слоя снега на проезжей части от  $0,1$  до  $0,3 \text{ м}$  скорость снегоочистительных машин снижается с  $50$  до  $35 \text{ км/ч}$ . Для патрульной снегоочистки применяют в основном одноотвальные автомобильные снегоочистители.

При патрульной снегоочистке необходимо обеспечивать расчистку сразу полосы движения, для этого работает отряд машин, которые движутся в одном направлении в  $30\text{--}$

<sup>1</sup> Бялобжеский Г. В., Иванов А. Н., Шалман Д. А. Очистка автомобильных дорог от снега. М.: Транспорт, 1972. 105 с.

Таблица 10.4

Снегозащитное мероприятие	$W_{\text{пр}}$	$W_{\text{пос}}$	$W$ , $\text{м}^3/\text{м}$
Однорядная живая изгородь, один ряд щитов	40	25–40	75
Однорядная живая изгородь, 15 траншей	75	25–40	100
Двухрядная живая изгородь, 10 траншей	50	75–100	150

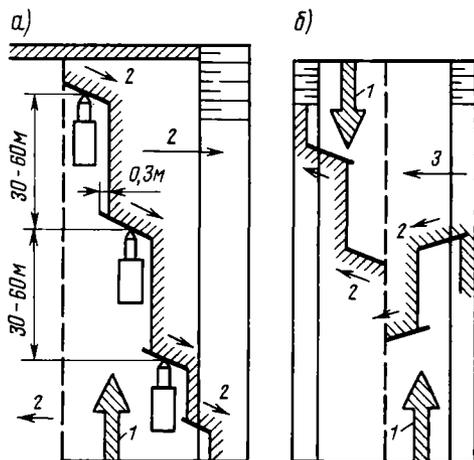


Рис. 10.11. Технологические схемы снегоочистки дорог:

а — от оси к обочинам; б — от одной обочины к другой по направлению ветра; 1 — направление движения снегоочистительных машин; 2 — то же сбрасываемого снега; 3 — то же ветра

60 м друг от друга и с перекрытием следа на 0,3–0,5 м. За один проход снег смещается со всей полосы движения.

Двухполосные дороги при отсутствии сильного бокового ветра расчищают от оси к обочинам (рис. 10.11) последовательными круговыми проходами одноотвальных снегоочистителей от наветренной обочины к подветренной. При этой технологии необходимы очистители с поворотным отвалом, который в конце захватки переставляют. В местности с интенсивными метелями, где на дорогах регулярно образуются снежные косы и переметы, в отряд включают двухотвальный плужный снегоочиститель, который идет посередине дороги, пробивая косы и переметы, а идущие за ним одноотвальные снегоочистители сдвигают снег к обочинам, расчищая дорогу на полную ширину.

Снежные валы удаляют с помощью роторных снегоочистителей. Если валы сдвинуты на кюветы, для их удаления применяют роторные снегоочистители на гусеничном ходу или валоразбрасыватели с выносным рабочим органом. При отсутствии таких машин для удаления ва-

лов, расположенных над кюветами, применяют автогрейдеры или универсальные бульдозеры в комплекте с роторными снегоочистителями на колесном ходу: автогрейдер сдвигает снег из вала на дорожное полотно, а роторный снегоочиститель отбрасывает его в сторону.

При удалении снежных валов сигнальные столбики и ограждения, установленные на обочинах, создают препятствия для перемещения машин. Снег в таких местах можно убрать в сторону откоса специальным навесным оборудованием. Для беспрепятственного движения снегоочистительных машин при уборке снега с обочин необходимо устанавливать сигнальные столбики с отгибами (см. гл. 14).

Для ликвидации *снежных заносов* применяют весь комплекс снегоочистительных машин. Снежные заносы небольшой толщины (0,2–0,3 м) расчищают плужными автомобильными снегоочистителями, которые работают вместе с роторным снегоочистителем, следующим за отрядом плужных снегоочистителей, удаляя создаваемые ими снежные валы.

При *заносах средней толщины* (до 1 м) применяют двухотвальные и роторные снегоочистители. Первый проход осуществляет двухотвальный плужный тракторный снегоочиститель, расчищая полосу на 3,5 м и обеспечивая проезд автомобилей в одну сторону. Вслед за плужным движется роторный снегоочиститель и убирает снег из образовавшегося вала, одновременно расширяя полосу проезда. За второй проход двухотвальный плужный снегоочиститель расширяет полосу одной стороной отвала до ширины, необходимой для двустороннего проезда транспортных средств.

*Расчистка заносов большой толщины* (более 1 м) выполняют бульдозерами с поворотным отвалом. Они последовательными проходами перемещают снег к обочине, откуда роторными снегоочистителями перебрасывается за пределы полотна. При отсутствии снегоочистителей

применяют бульдозеры с неповоротным отвалом, которые расчищают снежные отложения поочередными проходами в одну и другую сторону от дороги под острым углом к ее оси. Снег сдвигают на 15–20 м от бровки земляного полотна.

При очень больших заносах, когда проезжая часть полностью занесена снегом слоем 2–3 м и более, для расчистки можно использовать лишь фрезерно-роторные снегоочистители на шасси трактора. Они могут последовательными проходами расчищать самостоятельно полосы по ярусам высотой, определяемой рабочим органом (до 1,2 м). Вначале расчищают траншею для однопутного движения и примерно через каждые 0,5 м устраивают объезды. Далее траншею уширяют до двухпутного движения. Для очистки пересечений в одном и разных уровнях необходимо составлять специальные схемы движения снегоочистительных машин.

Занесенные выемки при большой толщине отложений (более 2 м) расчищают роторными снегоочистителями на гусеничном ходу; снег удаляют послойно последовательными проходами вдоль выемки (рис. 10.12). Если отсутствуют роторные снегоочистители на гусеничном ходу, снежные отложения в выемке разрабатывают бульдозерами совместно с роторными снегоочистителями на шасси автомобиля. Снежные завалы, образуемые лавинами на дорогах в горной местности, расчищают различными способами (см. п. 13.2).

**Особенности зимнего содержания автомобильных магистралей.** Значительная ширина земляного полотна, наличие разделительной полосы, большого числа различных обустройств дороги и плотный многорядный транспортный поток создают помехи для переноса снега, способствуют его отложениям на дороге и усложняют организацию очистки автомобильной магистрали от снега и ликвидации гололеда. Существенные трудности возникают при зимнем содержании автомобильных магист-

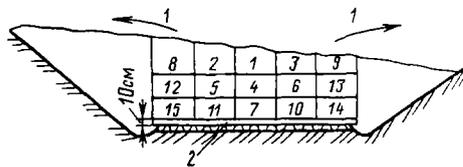


Рис. 10.12. Схема расчистки выемки роторным снегоочистителем на гусеничном ходу:

1 – направление отбрасывания снега; 2 – предохранительный слой снега толщиной 10 см, убираемый автогрейдером

ралей многополосных или имеющих несколько разделительных полос, которые являются препятствием для переноса снега и способствуют его отложению на проезжей части. Снег с разделительной полосы нужно убирать, так как он приводит к увеличению заносимости проезжей части и переувлажнению земляного полотна в период таяния. Однако периодичность удаления снега с разделительных полос может отличаться от очистки проезжей части. В зонах с невысокой интенсивностью и частотой метелей снег с разделительной полосы можно удалить один раз перед началом таяния.

На некоторых многополосных автомобильных магистралях, расположенных в районах с интенсивными снегопадами и метелями, интенсивность движения автомобилей зимой снижается во много раз и уровень загрузки становится очень низким. В этих случаях может оказаться целесообразным эксплуатировать зимой не всю ширину проезжей части, а только по две полосы в каждом направлении.

Однако снег, оставляемый на неработающих полосах проезжей части, должен быть хорошо спланирован и удален перед началом снеготаяния. Особенности зимнего содержания автомобильных магистралей изучены еще недостаточно. Установлено, что даже на снеготаносимых по высоте насыпях, где имеются барьеры безопасности, происходит интенсивный занос во время метелей. Поэтому автомобильные магистрали рекомендуется защищать от снежных заносов на всей протяженности, где возможен снегоперенос.

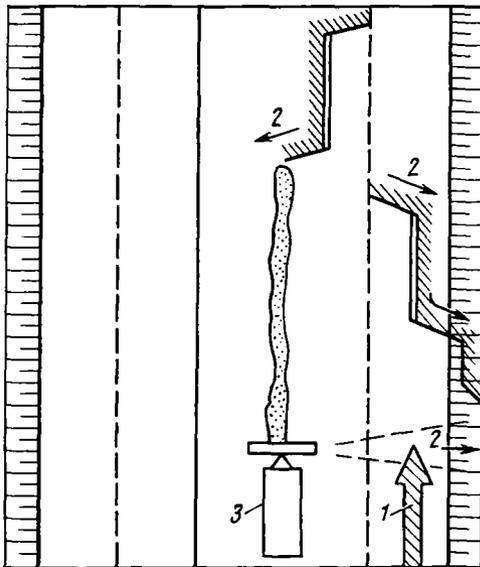


Рис. 10.13. Схема патрульной очистки многополосной проезжей части:

1 — направление движения автомобильных снегоочистителей; 2 — направление перемещения снега; 3 — роторный снегоочиститель

К зимнему содержанию автомобильных магистралей применимо большинство мероприятий по зимнему содержанию дорог, но с учетом более жестких требований к уровню содержания и срокам ликвидации снежных и ледяных отложений.

Четырехполосные дороги целесообразно расчищать от оси к обочине и от оси к разделительной полосе (рис. 10.13). Такая технология обусловлена необходимостью убирать снег с большой площади. Большие отложения снега с разделительной полосы убирают роторными снегоочистителями.

Особые сложности возникают на труднодоступных участках, где невозможно применить патрульную снегоочистку. К таким участкам относятся места установки ограждений, направляющих столбиков, участки, проходящие по длинным эстакадам и под ними, по мостам и т. д. На таких участках снег с проезжей части плужными снегоочистителями перемещают на обочину, затем от ограждения автогрейдером сдвигают к обочине, в результате формируется

снежный вал, который шнекороторный снегоочиститель или валоразбрасыватель выбрасывает за пределы земляного полотна, или с помощью погрузчика снег грузят в автомобиль и вывозят.

Сложно убирать снег на пересечениях в разных уровнях, особенно на левоповоротных съездах с малыми радиусами поворота. На внутренней части кривых таких съездов в районах с частыми метелями целесообразно устанавливать съемные ограждения и направляющие столбики, которые перед наступлением зимы убирают. Снег с проезжей части сдвигают внутрь кривой плужными снегоочистителями или автогрейдерами.

**Содержание автозимников.** К зимним дорогам (автозимникам) относят сезонные дороги с полотном и дорожной одеждой из снега, льда, мерзлого грунта, грунтовым и ледяным основанием. Их устраивают в районах с продолжительным и устойчивым зимним периодом в качестве временных дорог. Одновременно с завершением строительства автозимника устанавливают соответствующие дорожные знаки. Кроме обычного комплекса мероприятий, для поддержания в течение сезона высоких ездовых качеств автозимника проезжую часть систематически профилируют и уплотняют, не увеличивая при этом толщину покрытия. Местные разрушения проезжей части незамедлительно устраняют путем подсыпки и уплотнения снега, в том числе и с поливкой водой. При частых оттепелях поверхностный слой покрытия становится рыхлым, что может привести к быстрому его разрушению. В таких случаях срочно планируют и тщательно уплотняют поверхность покрытия либо срезают размягченный снег и удаляют его за пределы проезжей части. Одним из основных методов содержания снежно-ледяного покрытия является периодическая поливка водой. При оттепелях ранней весной поливку выполняют ночью. В местах с повышенной скользкостью

устраивают тонкий снежный накат, уплотняя выпавший снег или снег, взятый с прилегающей к дороге полосы.

Скользкие участки на крутых подъемах, спусках и кривых малого радиуса посыпают песком или другим frictionным материалом.

### 10.3. Методы борьбы с зимней скользкостью

**Виды зимней скользкости.** Зимняя скользкость включает в себя все виды снежно-ледяных образований на поверхности дороги, приводящие к снижению коэффициента сцепления: различные виды естественного обледенения, которые в метеорологии объединяют понятием гололедицы, и искусственное обледенение в виде снежного наката.

Формирование зимней скользкости на автомобильных дорогах зависит от метеорологических условий и теплофизических свойств дорожной одежды. Частота ее появления зависит от климатических условий и колеблется от 5 до 50 случаев в году. Наиболее общим случаем является образование гололеда на покрытии в результате замерзания капель дождя, мороси, тумана непосредственно на покрытии или в приземном слое воздуха, в котором при пониженной температуре содержится паровоздушная смесь в состоянии, близком к насыщению. Ледяная корка образуется в зимний период при температуре воздуха от  $+4$  до  $-20$  °С: 55% случаев приходится на период  $0 \dots -5$  °С; 80% на период  $+2 \dots -6$  °С; 90% на период  $+2 \dots -15$  °С. Относительная влажность воздуха  $\omega$  оказывает важное влияние на формирование условий льдообразования. Гололед на покрытиях в 95% случаев возникает при  $\omega = 70 \div 100\%$ , 90% случаев при  $\omega = 80 \div 100\%$ .

При высокой влажности и отрицательной температуре в приземном воздухе до  $-5$  °С еще содержится незамерзшая вода в виде капель

диаметром около 2 мм. Чем холоднее воздух, тем меньше диаметр незамерзших частиц: при  $t_{\text{в}} = -10$  °С в воздухе находится морось – незамерзшая парообразная вода диаметром частиц около 0,3 мм; при  $t_{\text{в}} = -30$  °С парообразная влага представляет собой переохлажденный туман.

По характеру образования различают пять групп обледенения поверхности автомобильных дорог. К *первой группе* относят все виды обледенения, возникающие с понижением температуры воздуха и замерзания имеющейся на покрытии воды. Это гидратационный тип гололедообразования, который возникает от внезапного снижения температуры воздуха до  $0$  °С и ниже, когда замерзает вода, находящаяся на покрытиях после дождя, таяния снега, поверхностного стока. Осадки при этом могут отсутствовать. Другой путь обледенения мокрого покрытия – выпадение мокрого снега или дождя при положительной температуре воздуха и дальнейшее замерзание при понижении температуры до отрицательных значений. Область образования льда зависит от толщины пленки воды, отрицательной температуры воздуха  $t_{\text{в}}$ , скорости ветра  $v_{\text{в}}$ , теплового сопротивления дорожной конструкции  $R$ . Время промерзания или время льдообразования в этом случае

$$T = ah_{\text{г}}R/t_{\text{в}}K_{\text{в}}, \quad (10.16)$$

где  $a$  – коэффициент, учитывающий гидрофобные свойства покрытия;  $h_{\text{г}}$  – толщина гололеда;  $K_{\text{в}}$  – коэффициент, учитывающий скорость ветра, возрастающий с увеличением  $v_{\text{в}}$ .

Скорость гололедообразования зависит от тепловых свойств одежды и полотна. Чем «теплее» дорожная конструкция (больше  $R$ ), тем медленнее остывает покрытие после внезапного похолодания, тем продолжительнее время промерзания воды на покрытиях. Толщина слоя льда в этом случае может быть от 1 мм до 2–3 см и зависит от шероховатости и ровности покрытий, слоя воды. Этот тип гололедицы харак-

терен очень низким коэффициентом сцепления (около 0,08–0,15), однородностью стекловидного льда, однородностью структуры по всей толщине ледяного слоя. Плотность льда достигает 0,9 г/см<sup>3</sup>.

К *второй группе* относят те виды обледенения, которые образуются на сухой поверхности в результате кристаллизации водяного пара из воздуха и образования инея при радиационном охлаждении покрытия ниже температуры точки росы. Температурный диапазон образования инея от –7 до –40 °С. Образование инея возможно при относительной влажности воздуха 80–100% в ясную безветренную погоду, при которой имеет место отрицательный баланс тепла. Осадки при этом отсутствуют.

К *третьей группе* относят виды скользкости, возникающие при замерзании осадков, выпадающих на покрытие, охлажденное ниже температуры замерзания воды, в результате чего образуется твердый налет. Различают налет зернистый и ледяной. Зернистый налет возникает при намерзании на переохлажденное покрытие влаги из тумана в начале оттепели, создается ледяная корка с шероховатой поверхностью. Ледяной налет образуется из-за замерзания капель воды при кратковременном дожде или мороси на охлажденном покрытии, когда температура воздуха не более –2...–3 °С. Длительный дождь приводит к прогреванию верхних слоев покрытия, и капли воды не замерзают.

К *четвертой группе* относят те виды обледенения, которые возникают при выпадении на покрытие переохлажденных капель влаги. Жидкая фаза на сухом или мокром покрытии образуется за счет выпадения капель переохлажденной жидкости из приземного слоя. Переохлажденные дожди наблюдаются при температуре до –5 °С, а переохлажденная морось – до –10 °С.

Температура переохлажденных капель в зависимости от их диаметра может изменяться от –1 до –10 °С.

Крупные капли воды (диаметром более 2–3 мм) при ударе о покрытие быстро растекаются и промерзают, образуя практически однородную структуру ледяной корки. Мелкие капли (диаметром 1–2 мм и менее) с меньшей температурой промерзания медленнее садятся на покрытие, они удлиняют период льдообразования. Однако скорость образования гололеда высокая – 1–5 ч. Льдообразование возникает сразу на больших территориях. Толщина корки льда небольшая – обычно 1–3 мм, реже до 5 мм, плотность льда 0,7–0,9 г/см<sup>3</sup>. Это гидратационное гололедообразование. К этой же группе относят конденсационный тип гололедообразования, когда на покрытие оседают не переохлажденные капли жидкости, а кристаллы льда и мороси.

Покрытия имеют микропоры, которые сорбируют водяной пар, в результате образуются вогнутые мениски. Давление водяного пара над такой поверхностью меньше, чем над плоской, что способствует сорбции пара в менисках и конденсации в пленочную воду. Высокая влажность воздуха способствует этому процессу. Возникающие переохлажденные капли создают очаги последующей конденсации – агрегаты, которые кристаллизуются.

Подобные конденсационные процессы возникают и в приземном слое воздуха при  $t_{\text{в}} = +4...-6$  °С и  $\omega = 70 \div 95\%$ . Переохлажденные капли сорбируют водяной пар и морось. Такие агрегаты в кристаллизационном состоянии оседают и одновременно с конденсационными агрегатами, возникающими непосредственно в микропорах покрытий, образуют конденсационный тип гололеда, имеющий специфические особенности: матово-белый цвет, неоднородную рыхлую слоистую структуру льда, малую плотность (0,5–0,7 г/см<sup>3</sup>), большую неоднородность толщины (3–10 мм), более высокий коэффициент сцепления (0,15–0,20).

Характерная особенность метеорологических условий для этого типа гололеда: оттепель после дли-

тельных морозов; слабоморозная погода ( $t_b = -1 \dots -6^\circ\text{C}$ ) и туманы; низкая положительная температура ( $t_b = +4 \dots +1^\circ\text{C}$ ) и туманы при температуре дорожных покрытий  $t_{\text{пок}} = -1 \dots -5^\circ\text{C}$ .

*Пятую группу* составляют те виды скользкости, которые образуются от уплотнения на покрытии слоя снега, т.е. искусственная скользкость. Снег обладает свойством изменять свои физические характеристики (плотность, прочность) под воздействием колес движущегося автомобиля. Процесс формирования снежного наката включает три стадии:

1) механическое уплотнение снега, в результате образуется накат плотностью  $0,35-0,5 \text{ г/см}^3$ . При этом коэффициент сцепления колеса с покрытием может достигать  $0,20-0,25$ ;

2) постепенное формирование льда на его поверхности в результате периодического замерзания и оттаивания верхнего слоя наката. Тонкая пленка воды образуется от трения колес автомобиля по поверхности уплотненного снега; затем происходит кристаллизация ее в лед за счет большой теплоемкости снежных отложений. Плотность такого отложения  $0,6-0,65 \text{ г/см}^3$ ;

3) дальнейшее уплотнение и промерзание наката до превращения его в сплошной лед плотностью  $0,9 \text{ г/см}^3$ . Коэффициент сцепления снижается до  $0,1-0,15$ .

На процесс образования данного вида обледенения влияет температура воздуха: если она ниже  $-10^\circ\text{C}$ , уплотнение снега замедляется. Быстрее всего формируется слой наката при температуре воздуха, близкой к  $0^\circ\text{C}$ . При малой скорости ветра снег откладывается на проезжей части, если скорость выше  $6 \text{ м/с}$ , имеет место перенос снега, что препятствует его отложению на дороге. Быстрому уплотнению снега способствует высокая интенсивность движения. Водная пленка на снежной или ледяной поверхности образуется в период оттепелей, когда на покрытии плотный снежный накат или

гололедеца. При этом коэффициент сцепления достигает минимальных значений  $-0,03-0,15$ .

Сцепные качества покрытий снижаются не только из-за образования снежного наката, но и отложения на них рыхлого, особенно влажного снега, когда коэффициент сцепления может составлять всего  $0,1-0,2$ . Большое разнообразие условий образования зимней скользкости на дорогах существенно усложняет разработку методов ее прогнозирования и технологии ликвидации.

**Методы борьбы.** Все мероприятия по борьбе с зимней скользкостью на автомобильных дорогах можно разделить на три группы по целевой направленности: мероприятия, направленные на снижение отрицательного воздействия образовавшейся зимней скользкости (повышение коэффициента сцепления колеса с дорогой путем россыпи фрикционных материалов); мероприятия, направленные на скорейшее удаление с покрытия ледяного или снежного слоя с применением химических, механических, тепловых и других методов; мероприятия, направленные на предотвращение образования снежно-ледяного слоя или ослабление его сцепления с покрытием. Это профилактические методы борьбы с зимней скользкостью.

В практике зимнего содержания для борьбы с зимней скользкостью применяют фрикционный, химический, физико-химический и другие комбинированные методы.

*Фрикционный метод* является основным методом снижения отрицательного воздействия зимней скользкости. Суть его состоит в том, что по поверхности ледяного или снежно-ледяного слоя рассыпают песок, мелкий гравий, отходы дробления, золу, шлак и другие абразивные материалы размером частиц не более  $5-6 \text{ мм}$  без примеси глины. Россыпь производится пескоразбрасывателями или другими машинами. Наибольшее применение получил песок. На неопасных участках дорог нормы расхода песка от  $200$  до  $700 \text{ г/м}^2$ ,

или около  $0,3-0,4 \text{ м}^3$  на  $1000 \text{ м}^2$  покрытия, на опасных – спусках, пере-кrestках, кривых малого радиуса – нормы расхода удваивают.

Преимущество метода в простоте, однако у него много недостатков. Рассыпанный абразивный материал повышает коэффициент сцепления до 0,3, но задерживается на проезжей части короткое время (не более 0,5 ч), сносится завихрениями после прохода автомобилей, разбрасывается колесами, сдувается ветром. Для восстановления сцепных свойств требуются частые посыпки и большое количество пескораспределителей. Для повышения эффективности распределяют подогретый абразивный материал, который проникает в ледяную корку и после примерзания придает поверхности некоторую шероховатость.

Значительно большее распространение получил комбинированный *химико-фрикционный метод*, когда рассыпают фрикционные материалы смешанные с твердыми хлоридами  $\text{NaCl}$ ,  $\text{CaCl}_2$ . Песчано-солевою смесь приготавливают на базах путем смешивания фрикционных материалов с кристаллической солью в отношении 90:10 (по весу соответственно). В Белорусской ССР при химико-фрикционном способе борьбы с зимней скользкостью применяют смесь хлористого натрия в виде поваренной соли или соли сильвинитовых отвалов с песком в соотношении 1:4. Достоинство песчано-солевых смесей в том, что они не смерзаются и не слеживаются.

На неопасных участках нормы расхода песчано-солевых смесей от 100 до  $400 \text{ г/м}^2$ , или  $0,1-0,2 \text{ м}^3$  на  $1000 \text{ м}^2$  покрытия, а на опасных –  $0,3-0,4 \text{ м}^3$ . Песчано-солевые смеси распределяют пескоразбрасывателями или комбинированными дорожными машинами с универсальным оборудованием типов КДМ-130, ЭД-403. Такие смеси эффективнее, чем чисто абразивные. Однако этот метод требует большого объема распределяемых материалов и большого числа машин для распределе-

ния, приводит к значительной коррозии автомобилей. В СССР он нашел большое распространение из-за своей простоты.

*Комбинированный химико-механический метод* состоит в распределении по снежному накату твердых или жидких хлоридов, которые расплавляют и ослабляют снежно-ледяной слой, после чего рыхлую массу убирают плужными или плужно-щеточными очистителями, а при их отсутствии – автогрейдером. Расход твердых хлоридов на 1 мм слоя замерзшей воды колеблется от 15 до  $90 \text{ г/м}^2$ , жидких хлоридов – от 0,08 до  $0,15 \text{ л/м}^2$  в зависимости от вида хлорида и температуры воздуха.

Для повышения эффективности и уменьшения расхода хлоридов инж. И. В. Филиппов предложил устраивать в снежном накате продольные канавки глубиной до 2–5 см и шириной 6 см на расстоянии 2 см автогрейдером, к ножу которого приварены зубья. Распределенные твердые или жидкие хлориды в основном собираются в канавках и быстро разрушают накат, который затем убирают плужно-щеточными машинами.

Расход хлоридов сокращается на 30–40%.

*Химический способ* борьбы с зимней скользкостью заключается в применении для плавления снега и льда твердых или жидких химических веществ, содержащих хлористые соли. Физическая сущность взаимодействия хлористых солей с ледяной поверхностью состоит в гидратации ионов хлора молекулами воды. Этот самопроизвольный процесс сопровождается тепловыми явлениями и протекает до наступления динамического равновесия при данной температуре воздуха. Интенсивность процесса взаимодействия характеризуется плавящей способностью хлоридов  $q$ , т. е. количеством расплавленного льда 1 г соли при данной отрицательной температуре воздуха. Плавящая способность вначале возрастает во времени  $T^b$ , а по мере на-

ступления динамического равновесия – стабилизируется

$$q = aT^b, \quad (10.17)$$

где  $a = 1 \div 5$  – коэффициент, зависящий от вида хлорида;  $b = 0,25 \div 0,75$  – коэффициент, зависящий от температуры воздуха.

С понижением температуры воздуха плавящая способность хлоридов снижается и норму их расхода увеличивают.

Кроме того, при плавлении льда образуются растворы, которые могут замерзнуть и стать причиной нового обледенения покрытия. Температура замерзания раствора зависит от его концентрации и вида хлоридов. Так, раствор хлористого натрия 23%-ной концентрации замерзает при  $t = 21^\circ\text{C}$ , а раствор хлористого кальция 30%-ной концентрации – при  $t = -50^\circ\text{C}$  (рис. 10.14). Однако концентрация раствора может быть значительно меньшей. Поэтому минимальные температуры воздуха, при которых допускается применять твердые хлориды, ограничены от  $-10$  до  $-20^\circ\text{C}$ , жидких – от  $-5$  до  $-15^\circ\text{C}$ .

Для устранения снежно-ледяных отложений применяют твердые и жидкие хлориды, различные отходы промышленности.

*Техническая поваренная соль*  $\text{NaCl}$  – наиболее распространенная в природе соль (каменная, самоосадочная) в виде минералов галита и сильвинита. Из сырья поваренной соли выпускают пищевую, содержащую более 93–99,7%  $\text{NaCl}$ , и техническую соль, содержащую более 93%  $\text{NaCl}$ . Для борьбы с зимней скользкостью используют молотую соль крупностью от 1,2 до 4,5 мм.

*Техническая соль сильвинитовых отвалов*  $\text{KCl}$ ,  $\text{NaCl}$  – кристаллический продукт, отход производства калийных удобрений. Этот продукт, накопленный в огромных количествах в отвалах калийных комбинатов содержит от 90 до 95% в основном хлористого натрия, 2–3% хлористого калия и 0,5–1% хлористого магния. Частицы соли сильвинитовых

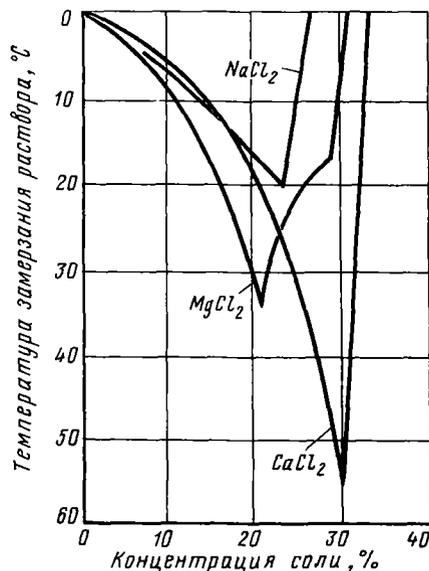


Рис. 10.14. Фазовая диаграмма растворения противогололедных солей

отвалов имеют крупность до 4 мм при наличии включений крупностью до 10 мм. Недостатки этого продукта – высокая влажность (8–12%), слеживаемость при положительной температуре и смерзаемость при низкой отрицательной температуре.

*Хлористый кальций*  $\text{CaCl}_2$  – побочный продукт содового производства. Частицы его похожи на чешуйки диаметром около 15 мм и толщиной 1 мм, поэтому он называется чешуирующим и содержит 67% хлористого кальция.

*Хлористый кальций фосфатированный* (ХКФ) – смесь чешуирующего хлористого кальция с ингибитором (суперфосфатом). Добавка 5–7% ингибитора (от массы соли) существенно снижает коррозионное действие хлоридов.

Стоимость хлористого кальция намного выше, чем хлористого натрия. Кроме этого,  $\text{CaCl}_2$  более дефицитный и агрессивный материал, поэтому создают смеси оптимального хлоридного состава, применяемые при более низких температурах, чем чистая соль  $\text{NaCl}$ . Исследования Гипдорнии показали, что оптимальны смеси состава  $\text{NaCl}:\text{CaCl}_2$  как

88:12 при условии применения чешуированного хлористого кальция.

Крупный недостаток твердых хлоридов – их *слеживаемость*, так как при определенных влажностно-температурных условиях она адсорбирует (поглощает) влагу из воздуха. Способность соли впитывать воду называется гигроскопичностью. Увлажнение соли происходит только тогда, когда влажность воздуха выше гигроскопического порога для данной соли. Этот порог составляет для хлористого натрия 75% относительной влажности воздуха, для хлористого кальция и ХКФ – 22%. Это означает, что  $\text{CaCl}_2$  и ХКФ практически всегда впитывают воду из воздуха. На поверхности каждой частицы образуются новые кристаллы соли, которые служат как бы спайками между зернами соли, что и приводит к ее омоноличиванию. Поэтому  $\text{CaCl}_2$  и ХКФ можно перевозить только в полиэтиленовых мешках или другой закрытой таре и хранить в закрытых складах.

*Жидкие хлориды* для борьбы с зимней скользкостью широко применяются в виде естественных и промышленных рассолов, а иногда и искусственно приготавливаемых растворов. Жидкие хлориды пригодны только с концентрацией солей более 150 г/л, т. е. с содержанием основного вещества более 15%. Нельзя проводить работы по борьбе со скользкостью при температуре воздуха ниже температуры замерзания жидкого хлорида, т. е. от  $-10$  до  $-17^\circ\text{C}$  для рассолов различного вида и концентрации.

*Жидкие естественные рассолы* широко распространены на территории СССР. Они залегают на глубине 800–1000 м в артезианских бассейнах (пластовые воды), содержатся в соленых озерах и лиманах. Естественные рассолы многокомпонентны с преобладанием ионов кальция, натрия, магния. Добычу рассолов производят из скважин, которые могут эксплуатировать сами дорожные организации. Примером организации такой добычи может служить

опыт дороги Москва–Ленинград, которая по предложению Гипродорнии заказала бурение скважины глубиной 1300 м, из которой ежедневно можно получать до  $100\text{ м}^3$  природного рассола с содержанием солей более 200 г/л. Пластовые воды с высоким содержанием хлоридов часто получают на нефтяных месторождениях как отходы при добыче нефти. Кроме того, жидкие хлориды получают в виде отходов химического и других промышленных производств.

Помимо перечисленных материалов, для борьбы с зимней скользкостью применяют такие природные материалы, как зубер, бишофит, сильвинит, карналит, каинит, а также другие твердые или жидкие продукты, являющиеся отходами промышленности и содержащие не менее 25% хлориды натрия, кальция и магния. На применение местных материалов нужно получить разрешение санитарно-эпидемиологической станции.

Учитывая большое разнообразие твердых и жидких химических реагентов, разработаны каталоги, нормы и условия их применения. Пример таких норм приведен в табл. 10.5.

Для распределения твердых и жидких хлоридов применяют комбинированные дорожные машины с универсальным оборудованием. Летом их используют для мойки и очистки покрытий, зимой с их помощью распределяют смеси и очищают покрытия. Оборудование этой машины позволяет выполнять: снегоочистку шириной захвата 3 м; распределять песчано-соляные смеси в объеме до  $3\text{ м}^3$  при ширине посыпки до 8,5 м; подметать покрытия шириной захвата 2,2 м; поливать и мыть покрытия при расходе воды до  $6\text{ м}^3$ ; распределять жидкие противогололедные материалы (рассолы) при ширине захвата 7 м, рабочая скорость до 40 км/ч. Перспективен распределитель твердых хлоридов ЭД-403 на базе ЗИЛ-133 объемом бункера  $5\text{ м}^3$  и шириной распределения 10 м. Кроме того, готовится к

Таблица 10.5

Название хлорида	Концентрация, %	Рыхлый снег и накат			Стекловидный лед	
		Температура воздуха, °С				
		- 4	- 12	- 20	- 2	- 4
Твердые хлориды, г/м <sup>2</sup>						
Хлористый натрий в виде: поваренной соли соли сильвинитовых отвалов, неслеживающей смеси Хлористый кальций чешуируванный и хлористый кальций фосфатированный (ХКФ) Бишофит чешуируванный Нитраткальциевая мочеви́на (НКМ)	15	45	-	40	75	
	20	50	-	45	85	
	20	50	70	55	110	
	30	60	80	75	140	
	25	75	-	65	130	
Жидкие хлориды, л/м <sup>2</sup>						
Хлористо-натриевый	25	0,04	0,11	0,15	0,13	0,29
Хлористо-кальциевый	35	0,03	0,07	0,09	0,10	0,21
Хлористо-магниевый	35	0,03	0,05	0,07	0,08	0,14

Примечание. 1. Неслеживающаяся смесь состоит из 88 частей хлористого натрия и 12 частей хлористого кальция.

2. Нормы рассчитаны из условия ликвидации скользкости на 1 м<sup>2</sup> дороги при наличии на этой площади 1 мм осадков в пересчете на воду (1 мм атмосферных осадков на площади 1 м<sup>2</sup> равен 1 кг отложений или 1 л воды).

серийному производству дорожная машина многоцелевого назначения МАШ-100, которая сможет распределять твердые и жидкие противогололедные материалы.

**Агрессивные свойства хлоридов.** Твердые и жидкие хлориды, применяемые для борьбы с зимней скользкостью, обладают агрессивной химической способностью: разрушают металлические поверхности автомобилей, поверхность цементобетонных покрытий в раннем возрасте, бордюры, железобетонные элементы мостов, ливнеотстоки; отрицательно влияют на рост деревьев, зерновых культур и другую придорожную растительность. Поэтому нормы применения хлоридов для борьбы с зимней скользкостью строго ограничены. Зарубежный и отечественный опыт показывает, что установленные в табл. 10.5 нормы ниже предельно допустимых по требованиям охраны природы и окружающей среды. Превышение этих требований происходит при распре-

делении хлоридов значительно больше установленных норм или при нарушении правил хранения, погрузки и транспортировки хлоридов.

Попытки отказаться от хлоридов для борьбы с гололедом предпринимались во многих странах, однако стоимость зимнего содержания при этом увеличивалась в 3 раза и более вместе с увеличением числа дорожно-транспортных происшествий [4].

Для снижения интенсивности коррозии металлов в хлоридную среду добавляют замедлители коррозии — ингибиторы. Исследованиями Гипродорнии [29] выявлены наиболее доступные ингибиторы, которые целесообразно применять при борьбе с зимней скользкостью: гексаметафосфат натрия, одно- и двухзамещенный фосфат натрия и суперфосфат. Все эти добавки нетоксичны, не вредят зеленым насаждениям, не влияют отрицательно на свойства дорожных покрытий. В твердые хлориды добавляют 2–3% однозамещенного фосфата натрия или 5–7%

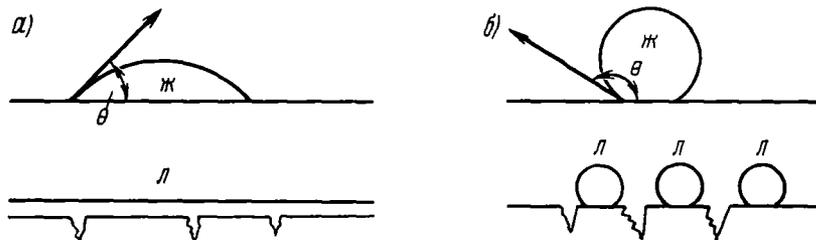


Рис. 10.15. Растекание жидкости и механизм адгезии льда:

а – на гидрофильной поверхности; б – на гидрофобной поверхности; ж – капля жидкости; л – лед

двух-замещенного или простого сульфата. При использовании жидких растворов нормы ингибиторов снижают: 0,5–1% одно- или двух-замещенного фосфата натрия или гексаметофосфата.

Многочисленные наблюдения в СССР и за рубежом показали агрессивное влияние хлоридов только на цементобетонные покрытия, причем в раннем возрасте – до 3 лет. Агрессивность проявляется в нарушении прочности поверхности дорожных плит (монолитных или сборных), шелушении и возникновении раковин. Пока не разработаны эффективные методы устранения химической коррозии цементобетона. Частичный эффект достигается при применении воздухововлекающих добавок около 0,1% к весу цемента (мылонафт, абиегиновая смола, сульфитно-спиртовая барда и др.).

Поэтому применять хлориды для борьбы с зимней скользкостью можно на цементобетонных покрытиях, построенных с воздухововлекающими добавками, в том случае, если такие покрытия имеют возраст не менее одного года, а на цементобетонных покрытиях, построенных без воздухововлекающих добавок, когда их возраст более трех лет.

Способы предупреждения образования и профилактики зимней скользкости включают гидрофобизацию покрытий, введение в верхний слой покрытия хлоридов (физико-химический способ) и профилактическую россыпь или розлив хлоридов.

Гидрофобизация заключается в нанесении водоотталкивающих веществ

на покрытие. На гидрофильной поверхности вода растекается и замерзает в виде сплошного слоя льда, который прочно скрепляется с поверхностью покрытия (рис. 10.15). Это сцепление увеличивается за счет образования льда в микротрещинах. На гидрофобной поверхности угол растекания жидкости значительно больше, вода быстро стекает с покрытия и лед вообще не образуется или образуется в виде отдельных капелек. Сцепление такого льда в 3–4 раза меньше, чем на гидрофильной поверхности и его легко удалить щеточным механизмом.

Для гидрофобизации асфальтобетонных покрытий Гипродорнии предложил использовать пасту на основе кремнийорганических веществ с добавлением растворителя (керосина). Расход пасты 150–200 г/м<sup>2</sup>. Для цементобетонных покрытий в МАДИ канд. техн. наук С. В. Суханов предложил гидрофобную кремнийорганическую жидкость ГКЖ-10 (расход 200–400 г/м<sup>2</sup>). Однако оба состава недолговечны и дороги.

Новым и достаточно надежным является способ обработки поверхности сборных цементобетонных плит, разработанный в МАДИ канд. техн. наук В. В. Плужниковым. Он состоит в нанесении на поверхность плит гидрофобизирующих водных эмульсий на основе кремнийорганических соединений. Эмульсию наносят пульверизатором в момент изготовления плит на заводе (расход эмульсии 200–300 г/м<sup>2</sup>). При этом адгезия льда снижается в 7 раз, т. е. гололед практически не образует-

ся. Срок службы обработки около 5 лет. Создание эффективных и экономических водоотталкивающих защитных пленок на поверхности покрытий требует дальнейших исследований и разработок.

*Физико-химический метод* заключается в придании поверхности покрытий гидрофобных свойств путем введения в состав материала соответствующих химических веществ. В США, Канаде, ФРГ, Швейцарии и других странах начали строить асфальтобетонные покрытия с добавкой верглимита, изготовленного на основе хлористого кальция. Такие смеси представляют собой антиобледенители. Покрытия, построенные с добавкой верглимита, плавят снег и лед [4].

В Гипродорнии кандидаты техн. наук А. В. Михайлов и В. П. Расников разработали технологию строительства верхнего слоя покрытия из асфальтобетонной смеси, в которую добавляют твердый хлористый натрий – до 5% массы вяжущего. При этом температура смерзания льда с покрытием снизилась до  $-18^{\circ}\text{C}$ , а прочность сцепления льда с покрытием снизилась до 10 раз.

В МАДИ проф. И. В. Королев и канд. техн. наук А. К. Касымов разработали состав асфальтобетонной смеси, в которую добавляют водорастворимый шлак (отход производства вторичных алюминиевых сплавов) как противогололедную добавку – до 7% массы асфальтобетона. Адгезия льда уменьшается в 2–5 раз. Недостаток таких покрытий – их повышенная пористость, а также наличие влажной поверхности летом. Кроме того, износостойкость таких покрытий может сократиться за счет шелушения.

Однако создание гололедобезопасных покрытий весьма перспективно для борьбы с гололедом на дорогах. Перспективна поверхностная обработка покрытий из шламов с кремнийорганическими или другими добавками, снижающими адгезионные свойства льда. Другое направление в создании гололедобезопасных покры-

тий состоит в придании верхнему слою упругих свойств. В этом случае лед, образовавшийся на покрытии, будет быстро разрушаться под действием проходящих автомобилей, произойдет самоочистка покрытия. Для этих целей в МАДИ проф. Н. В. Горелышев и инж. Э. И. Янчевская разработали составы песчаных резинобитумных смесей, в которых от 2 до 7% резиновой крошки. Слой износа из этих смесей делают толщиной 2 см, он обладает высокими сцепными качествами во влажном состоянии и значительно облегчает борьбу с гололедом.

*Профилактический метод* борьбы со скользкостью заключается в распределении противогололедных материалов до образования на проезжей части гололедицы или уплотненного снежно-ледяного слоя (наката). Он подразделяется на профилактику образования гололедицы и снежного наката. В первом случае за 30–60 мин до начала образования гололедицы по поверхности покрытия распределяют твердые или жидкие хлориды (расход от 5 до  $20\text{ г/м}^2$ ). Соединяясь с влагой из воздуха, хлориды образуют соляной раствор, который препятствует образованию гололедицы. Метод очень экономичен, поскольку требуется минимум противогололедных материалов. Однако реализация этого метода требует точного прогноза о возможном появлении гололедицы за 1–2 ч до начала ее образования, чтобы успеть обработать поверхность хлоридами. Для такого прогноза разработаны приборы и сигнализаторы гололедицы, которые пока не отличаются высокой точностью. Автоматизированные системы распределения противогололедных материалов по данным сигнализаторов гололедицы применяются на сложных развязках, отдельных мостах и опасных участках в ряде зарубежных стран.

Важным условием эффективности профилактического метода борьбы с гололедицей является наличие машин, способных распределять хлориды очень малыми дозами (около

5–10 г/м<sup>2</sup>). Для этих целей в СССР разработан распределитель с нормой распределения 10 г/м<sup>2</sup> и выше.

В отдельных случаях для борьбы с зимней скользкостью применяют тепловой способ двух разновидностей: конвективный, когда плавление льда осуществляется тепловой струей, обогревающей поверхность покрытия, и кондуктивный, когда покрытие обогревается теплоносителем, заложеным в дорожную одежду [23].

**Базы хранения противогололедных материалов.** Для эффективной борьбы с зимней скользкостью необходимы специализированные базы хранения, переработки и погрузки противогололедных материалов. Базы устраивают для химических реагентов, для фрикционных материалов, комбинированные (на которых хранятся и те и другие материалы). Объем хранения зависит в основном от климатических условий и значения обслуживаемых дорог. Базы химических противогололедных реагентов рассчитывают на следующие объемы хранения: на 700 т для дорог I–III категорий в сильногололедных районах (до 100 посыпок за сезон); на 500 т – для дорог I–III категорий в среднегололедных районах (до 50 посыпок за сезон) и для дорог IV и V категорий в сильногололедных районах; на 350 т – для дорог IV и V категорий в среднегололедных районах. На дорогах I категории расстояние между базами должно быть не более 20 км, на остальных дорогах эти расстояния составляют 40–50 км. Базы химических реагентов размещают у источников получения (железнодорожных станций, пристаней, скважин для добычи рассолов) или непосредственно у дорог. Базы фрикционных материалов размещают у карьеров или около дорог (на указанных выше расстояниях). Объем хранения на придорожных базах: в сильногололедных районах – до 2000 м<sup>3</sup>, в среднегололедных районах – до 1000 м<sup>3</sup> фрикционных материалов. Кроме того, на опасных участках создают через каждые 50–100 м места хране-

ния небольших объемов фрикционных материалов, защищенных от попадания снега, намокания и смерзания. Этими материалами могут воспользоваться сами водители автомобилей. Особенно это важно на крутых подъемах и спусках, на подходах к мостам и путепроводам и на пересечениях в разных уровнях.

По техническому уровню сооружений, организации хранения, транспортных и погрузочных операций базы могут быть капитальными высокомеханизированными или упрощенного типа с передвижными средствами механизации.

Твердые химические реагенты хранят в закрытых помещениях в деревянных или кирпичных складах, хлористый натрий навалом, хлористый кальций – в бумажных или полиэтиленовых мешках. Пол склада делают бетонным и покрывают асфальтобетоном или пластмассой. Металлические конструкции перекрытия окрашивают, чтобы защитить от коррозии.

Жидкие хлориды хранят в цистернах или бетонных резервуарах. Цистерны вместимостью 50 т устанавливают на площадках с твердым покрытием, соединяя несколько цистерн (до 8–10 и более) в единую батарею с помощью трубопроводов, позволяющих производить перекачку из одной цистерны в другую, а также подавать рассол в распределители жидких хлоридов.

На базах противогололедных материалов, помимо хранения и погрузки, выполняются также операции по приготовлению материалов и улучшению их свойств. Фрикционные материалы приходится смешивать с солью, а химические реагенты – между собой и с ингибиторами.

На базах упрощенного типа операции по смешиванию выполняют на открытых площадках с помощью бульдозеров, экскаваторов, автогрейдеров, самоходных погрузчиков и других машин. Базы капитального типа имеют комплекс стационарного оборудования для выполнения всех необходимых операций. *Высо-*

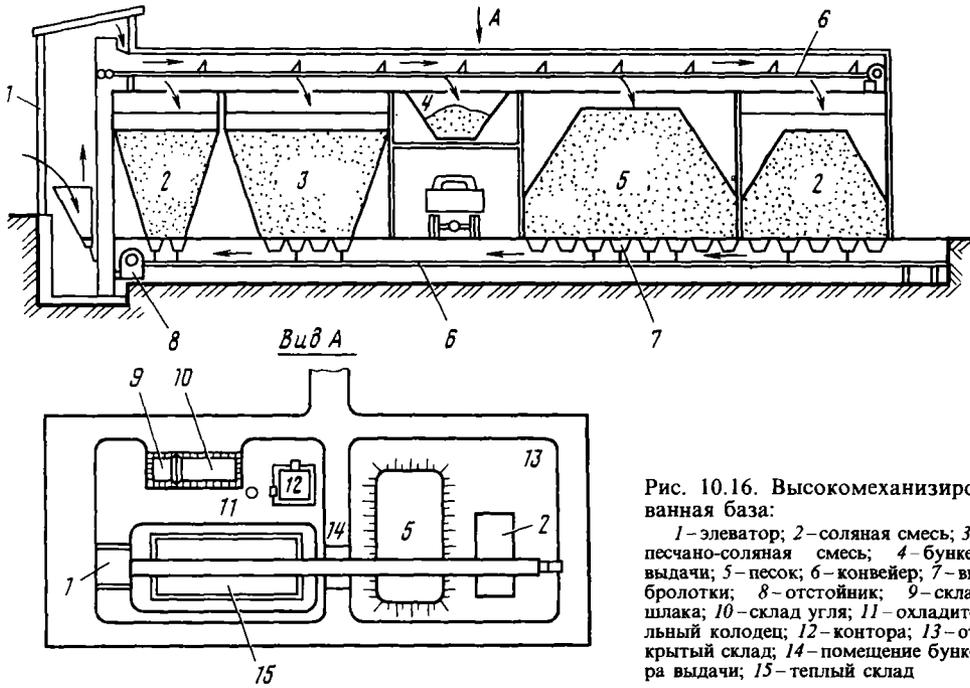


Рис. 10.16. Высокомеханизованная база:

1-элеватор; 2-соляная смесь; 3-песчано-соляная смесь; 4-бункер выдачи; 5-песок; 6-конвейер; 7-виброточки; 8-отстойник; 9-склад шлака; 10-склад угля; 11-охладительный колодец; 12-контора; 13-открытый склад; 14-помещение бункера выдачи; 15-теплый склад

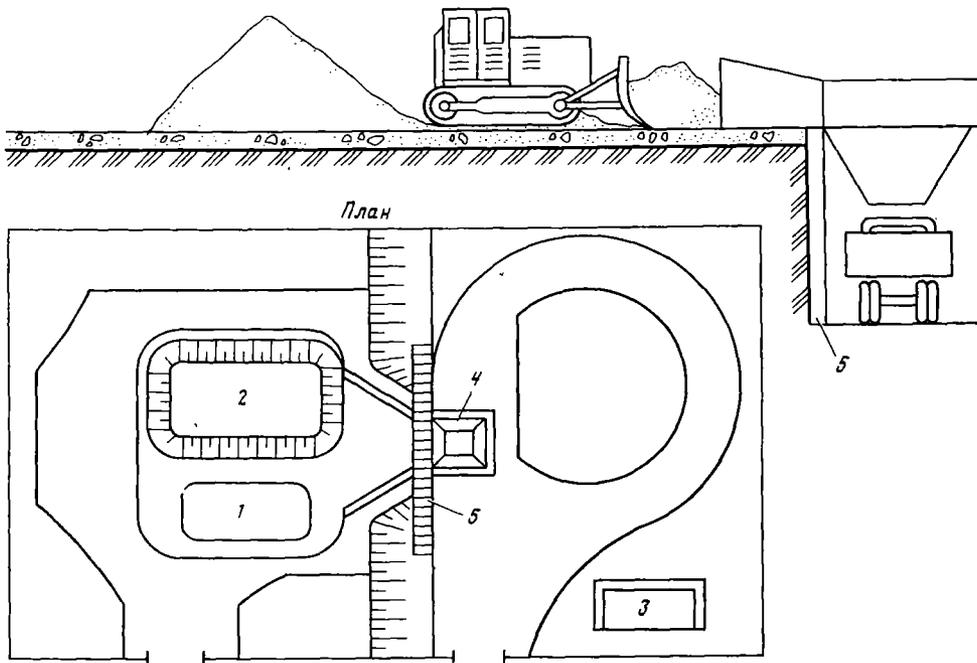


Рис. 10.17. База упрощенного типа с погрузкой бульдозером:

1-соляная смесь; 2-песчано-соляная смесь; 3-контора; 4-бункер выдачи; 5-подбункер

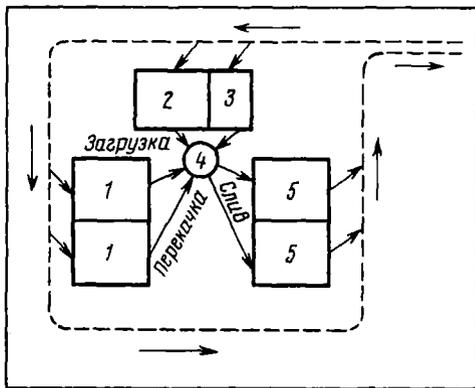


Рис. 10.18. Схема базы жидких материалов:  
1 – резервуары для приема рассола и жидкого хлористого кальция; 2, 3 – хранилища кристаллических  $\text{CaCl}_2$  и  $\text{NaCl}$ ; 4 – мешалка; 5 – резервуары для готовой жидкой смеси

комеханизованная база комбинированного типа для фрикционных и химических противогололедных материалов имеет два склада: теплый и холодный (рис. 10.16). Смешивание песка с солью в нужной пропорции или различных солей между собой осуществляется через дозаторы бункеров и отсеков складов при подаче на нижний конвейер.

Базу можно использовать для борьбы с зимней скользкостью как при химическом, так и при фрикционном способе.

На простейшей базе временного типа на косогоре (рис. 10.17) песчано-соляную смесь готовят осенью с добавкой солей. Норма солей (от 3 до 8%) должна обеспечить несмерзаемость чистого предварительно просеянного песка. Перемешивание бульдозерами, автогрейдерами и другими средствами создает хорошее качество смеси. Штабель ограждают от увлажнения поверхностным стоком, сверху закрывают полиэтиленовой пленкой. Хлориды хранят под навесом или в деревянном складе закрытого типа в бумажных или полиэтиленовых мешках, вскрываемых по мере надобности. Во избежание слеживаемости мешки складывают в штабеля высотой до 10 шт. Подача смеси осуществляется бульдозером в накопительный бункер.

Контроль за количеством выдаваемой смеси осуществляется взвешиванием.

На базе жидких противогололедных материалов (рис. 10.18) технологический процесс организован следующим образом. Рассол (раствор  $\text{NaCl}$ ) и жидкий хлористый кальций подвозят автоцистернами и заливают в резервуары-хранилища. В мешалке приготавливают нужную смесь из компонентов: ингибированный рассол, ингибированный жидкий хлористый кальций или жидкую смесь ( $\text{NaCl} + \text{CaCl}_2 + \text{ингибитор}$ ). При отсутствии жидкого хлористого кальция можно завозить на базу кристаллический хлористый кальций и использовать его для обогащения рассола. На базах должны быть бытовые помещения для обогрева рабочих, принятия пищи, а также лабораторный пост контроля качества выдаваемых смесей.

#### 10.4. Техничко-экономическое обоснование требований к зимнему содержанию дорог

Технические правила содержания и ремонта дорог ограничивают только предельно допустимые значения требований к зимнему содержанию, осредненных по всей территории страны. Поэтому они могут быть скорректированы для местных условий на основании технико-экономических расчетов [7].

За критерий технико-экономического обоснования уровня содержания принят минимум приведенных затрат, которые в общем виде складываются из двух групп.

К первой группе относят затраты автомобильного транспорта (капитальные вложения и текущие затраты), которые сокращаются при росте средней скорости благодаря более высокому уровню содержания дорог и сокращению числа дорожно-транспортных происшествий, ко второй – затраты на содержание дорог, которые увеличиваются с повышением требований к уровню содержания.

Толщина слоя рыхлого снега, накапливающегося на дороге, зависит от интенсивности снегопада и времени между проходами снегоочистительных машин, называемого временем снегонакопления

$$h = i_{\text{сн}} t_{\text{н}} / \rho, \quad (10.18)$$

где  $\rho$  — плотность слоя снега на покрытии (0,1–0,4 г/см<sup>3</sup> для плотного снега, 0,07–0,25 для рыхлого);  $i_{\text{сн}}$  — интенсивность снегопада, мм/ч, измеряемая толщиной слоя воды, образуемого при таянии снега;  $t_{\text{н}}$  — время снегонакопления, ч.

Объем снега, убираемого за один снегопад при патрульной снегоочистке,

$$Q = 1000 i_{\text{сн}} t_{\text{сн}} LB / \rho, \quad (10.19)$$

где  $t_{\text{сн}}$  — продолжительность снегопада, ч;  $L$  — длина участка, км;  $B$  — ширина очищаемой полосы, м.

Число проходов (циклов) снегоочистительных машин за один снегопад по одному следу прямо зависит от требований к допустимой толщине слоя рыхлого снега на покрытии  $h_{\text{доп}}$  (мм)

$$n = i_{\text{сн}} t_{\text{сн}} / \rho h_{\text{доп}}. \quad (10.20)$$

Число патрульных снегоочистительных машин также зависит от допустимой толщины слоя рыхлого снега, который накапливается в перерывах между проходами машин,

$$N_{\text{п}} = i_{\text{сн}} LB / \rho h_{\text{доп}} v_{\text{раб}} K_{\text{в}} (b - 0,25), \quad (10.21)$$

где  $v_{\text{раб}}$  — скорость снегоочистителя, км/ч;  $K_{\text{в}}$  — коэффициент использования рабочего времени (может быть принят 0,7–0,9);  $b$  — ширина захвата снегоочистителя, м.

Поэтому и затраты на патрульную снегоочистку прямо зависят от  $h_{\text{доп}}$  и интенсивности снегопада (рис. 10.19). Определив затраты на патрульную снегоочистку за период одного снегопада и метели для принятой за допустимую толщину слоя снега на покрытии, определяют затраты на содержание дороги за всю зиму, используя данные о количестве, интенсивности и продолжительности снегопадов и метелей за зиму. Расчеты проводят для нескольких значений  $h_{\text{доп}}$ . Для этих же значений

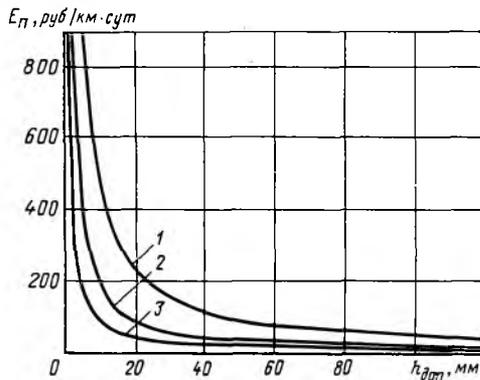


Рис. 10.19. Зависимость затрат на патрульную снегоочистку от допустимой толщины слоя рыхлого снега на дороге:

1 — интенсивность снегопада 5 мм/ч; 2 — то же 2 мм/ч; 3 — то же 1 мм/ч

определяют затраты автомобильного транспорта, а затем и приведенные затраты (рис. 10.20).

Анализ расчетов для снегопадов различной интенсивности показывает, что на дорогах II категории даже при сильном снегопаде нецелесообразно допускать накопления слоя рыхлого снега толще 10–15 мм, в то время как на дорогах IV категории в этих условиях толщина слоя может быть 60 мм и более.

При наличии снежного наката большое влияние на скорость и безопасность движения оказывает ровность уплотненного снега, которая колеблется в широких пределах в зависимости от толщины снежного покрова и тщательности его выравнивания (рис. 10.21).

Если снег не удален полностью, но регулярно разравнивается автогрейдерами или плужными очистителями, нормальные условия движения наблюдаются при толщине слоя до 90 мм. При нерегулярном профилировании нормальные условия наблюдаются, если слой не толще 25 мм. В любом случае слой снежного наката не должен превышать 100–120 мм по условиям ровности (рис. 10.22).

Важно отметить, что хотя при небольшой толщине слоя уплотненного снега ровность меняется незначи-

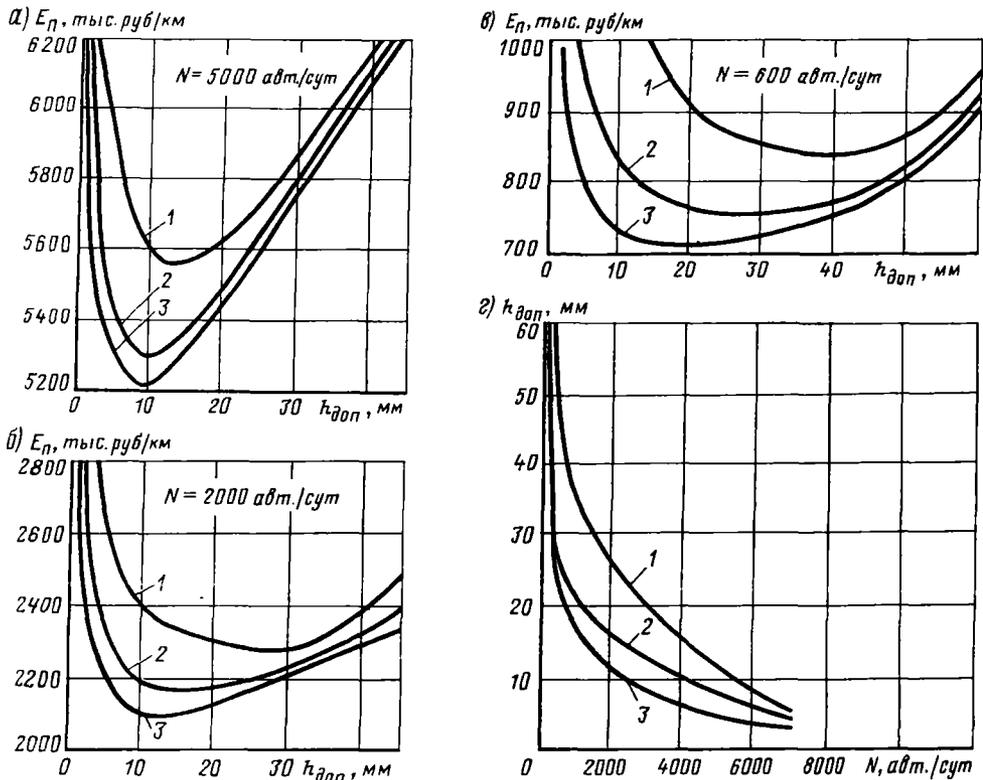


Рис. 10.20. Определение допустимой толщины слоя рыхлого снега на дороге при патрульной снегоочистке:

а, б, в, — суммарные приведенные затраты при интенсивности движения 5000, 2000 и 600 авт./сут; г — зависимость экономически допустимой толщины рыхлого снега при патрульной очистке от интенсивности движения; 1 — интенсивность снегопада 5 мм/ч; 2 — то же 2 мм/ч; 3 — то же 1 мм/ч

тельно, на дорогах I–III категорий снег все равно должен быть удален с покрытия, чтобы обеспечить требуемые сцепные качества. На дорогах IV и V категорий плотный снег не должен быть толще 60 мм при усло-

вии постоянного профилирования и полной очистки снега на участках подъемов и спусков и только в исключительных случаях на отдельных участках может допускаться до 200 мм.

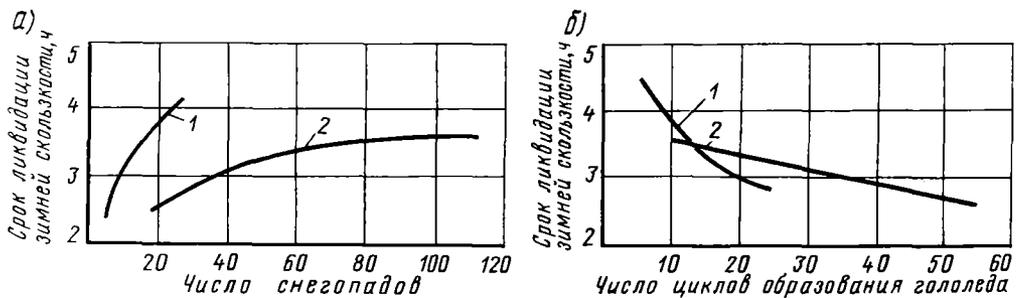


Рис. 10.21. Зависимость сроков ликвидации зимней скользкости от повторяемости гололеда и снегопада:

а — снегопада; б — гололеда; 1 — интенсивность движения 200 авт./сут, длительность зимнего периода 30 дней; 2 — интенсивность движения 500 авт./сут, длительность зимнего периода 160 дней

За высший уровень зимнего содержания на автомобильных магистралях можно принять обеспечение чистой сухой поверхности, при котором толщина слоя снега на покрытии во время метелей и снегопадов не превышает 5 мм, а срок его удаления, так же как удаления гололеда и зимней скользкости, не превышает 1 ч после окончания снегопада, метели или гололеда.

Обоснование сроков ликвидации снежных отложений и зимней скользкости производится методом сравнительной эффективности, поэтому часть показателей, общих для всех вариантов, не включают в расчет. В качестве переменных показателей, меняющихся по регионам и климатическим зонам, принимают число циклов образования гололеда и снегопадов, которые в основном определяют длительность обледенелого и заснеженного состояния покрытия. Расчеты выполняют на 100 км дороги для вариантов ликвидации снежных отложений и гололеда в течение от 1 до 20 ч. По эти вариантам определяют потребность в машинах и материалах, потери от снижения скорости и повышения аварийности, приведенные затраты. Отдаленность затрат при этом принимают равной одному году, так как все расходы примерно одинаковы для последующих зим.

Тогда приведенные затраты

$$\Pi = C_{\text{дор}} + ДТ + У, \quad (10.22)$$

где  $C_{\text{дор}}$  – затраты на зимнее содержание поверхности дороги, тыс. руб.;  $ДТ$  – дорожно-транспортные затраты, тыс. руб.;  $У$  – ущерб народного хозяйства от ДТП, тыс. руб.

Чтобы вычислить дорожно-транспортные затраты, необходимо определить среднюю скорость транспортного потока для характерных состояний дороги зимой при принятом сроке ликвидации гололеда и снежных отложений (см. гл. 6).

Наиболее сложной является задача определения затрат на зимнее содержание дорог. Для этого необходимо проанализировать техноло-

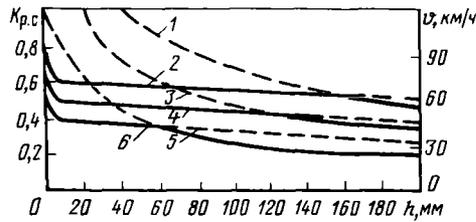


Рис. 10.22. Влияние толщины снега  $h$  на обеспеченность расчетных скоростей:

1 – возможная скорость при лучшей ровности; 2 – ограничение по  $\varphi_{\text{max}}$ ; 3 – возможная скорость при средней ровности; 4 – ограничение по  $\varphi$ ; 5 – возможная скорость при плохой ровности; 6 – ограничение по  $\varphi_{\text{min}}$ .

гию работ по снегоочистке и борьбе с гололедом, определить объемы по каждой операции, потребность в машинах и продолжительность их работы, требуемое количество противогололедных материалов. Потребность в снегоочистителях для патрульной снегоочистки во время снегопада  $N_{\text{п}}$  определяют по формуле (10.21). После окончания снегопада необходим еще один проход комплекта машин, чтобы закончить уборку, для чего требуется

$$N_3 = LB/v_{\text{раб}}K_{\text{в}}(h - 0,25). \quad (10.23)$$

Число машино-часов работы снегоочистителей для удаления рыхлого снега после каждого снегопада

$$T_i = N_{\text{п}}t_{\text{сн}} + N_3L/v_{\text{раб}}. \quad (10.24)$$

Общая потребность работы плужных снегоочистителей за зиму (машино-ч)

$$T_{\text{п}} = (N_{\text{п}}t_{\text{сн}} + N_3L/v_{\text{раб}})P_{\text{сн}}, \quad (10.25)$$

где  $P_{\text{сн}}$  – число дней со снегопадами.

Для уборки снежных валов с обочин применяют шнекороторные или фрезерно-роторные снегоочистители в комплекте с автогрейдером. Число машино-часов работы этого комплекта в течение зимы

$$N_{\text{р+а}} = \sum_{i=1}^{P_{\text{сн}}} i_{\text{сн}i}BL/\Pi K_{\text{в}}, \quad (10.26)$$

где  $\Pi$  – производительность шнеко-роторных или фрезерно-роторных снегоочистителей при уборке валов, т/ч.

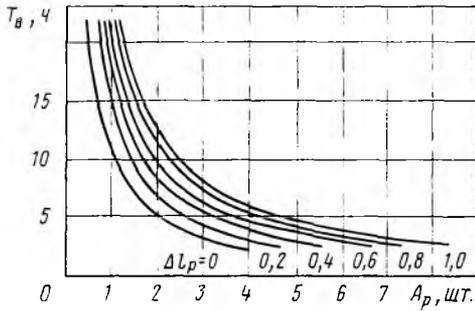


Рис. 10.23. График для определения числа роторных снегоочистителей

Число роторных снегоочистителей для уборки валов на обочинах можно определить также по графику (рис. 10.23), полученному по расчетам инж. В. Д. Иванова в зависимости от скорости удаления валов, которую принимают не более времени для трехкратного прохода плужных снегоочистителей и доли участков, где образуются снежные валы.

Потребность в снегоочистительных машинах, выполняющих объемные работы,

$$N_o = W_{y6} / \Pi_3 t_{дир}, \quad (10.27)$$

где  $W_{y6}$  – объем снега, подлежащего уборке за один цикл снегоочистки (за одну метель),  $m^3$ ;  $\Pi_3$  – эксплуатационная производительность одной машины;  $t_{дир}$  – директивный срок очистки дороги от заносов (или срок уборки снежных валов), ч.

Объем снегоуборки определяют по результатам непосредственных наблюдений дорожной службой.

Если такие данные отсутствуют, объем уборки снега

$$W_{y6} = WfL, \quad (10.28)$$

где  $f$  – коэффициент задержания снега дорогой (для выемок – 0,9; в нулевых местах, малых насыпях и на участках с

ограждениями, возвышающейся разделительной полосой, – 0,4);  $L$  – протяженность участка, для которого определяют объем снегоуборки, м.

Затраты на ликвидацию гололеда путем россыпи хлоридов или песчано-соляной смеси определяют в расчете на 100 км дороги для каждого принятого срока ликвидации гололеда. Расчет ведут в такой последовательности.

Протяженность участка, обрабатываемого за один рейс распределителя,

$$l_{раб} = Q/bq, \quad (10.29)$$

где  $Q$  – масса хлоридов или песчано-соляной смеси, загруженной в кузов распределителя, кг;  $b$  – ширина полосы обработки, м;  $q$  – норма распределения хлоридов или песчано-соляной смеси,  $г/м^2$

Число рейсов распределителя для обработки всего участка

$$n = BL/bl_{раб}. \quad (10.30)$$

Средняя продолжительность одного рейса (рабочего цикла) распределителя исходя из схемы размещения баз хранения противогололедных материалов (рис. 10.24)

$$t_{ц} = t_{заг} + l_{гр}/v_{гр} + t_{раб} + l_x/v_x, \quad (10.31)$$

где  $t_{заг}$  – продолжительность загрузки и маневрирования распределителя на базе, ч (можно принять 0,05–0,10 ч);  $l_{гр}$  – среднее расстояние от базы до места распределения материала, км;  $v_{гр}$ ,  $v_x$  – скорость груженого и порожнего солераспределителя, км/ч;  $t_{раб}$  – продолжительность распределения хлоридов или песчано-соляной смеси, ч.

Продолжительность распределения материалов

$$t_{раб} = l_{раб}/v_{раб}, \quad (10.32)$$

где  $v_{раб}$  – рабочая скорость распределителя при россыпи хлоридов или пес-

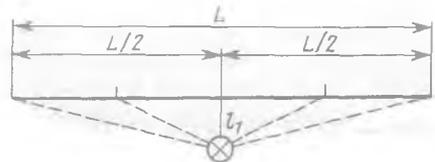
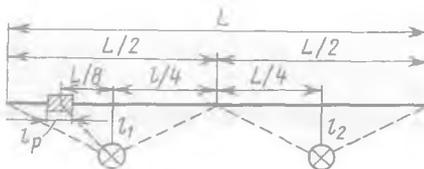


Рис. 10.24. Влияние размещения баз противогололедных материалов на дальность возки

чано-соляной смеси, км/ч (колеблется от 10 до 20 км/ч).

Число машино-часов работы распределителя для ликвидации гололеда на участке протяженностью  $L$  (км)

$$T_{pi} = n t_{п} / K_{в}. \quad (10.33)$$

Число распределителей для ликвидации гололеда в течение принятого срока  $t_{дир}$

$$N_p = T_{pi} / t_{дир}. \quad (10.34)$$

При окончательном решении вопроса о потребности в машинах необходимо учесть, что некоторые из них могут быть использованы на ряде технологических операций. Так, плужно-щеточный снегоочиститель используют для удаления рыхлого снега при патрульной снегоочистке, удалении размягченного льда и укатанного снега, поскольку эти операции выполняются одновременно.

Ожидаемое число ДТП

$$Z_{ДТП} = 2 \cdot 10^{-5} K_{итог}^{0,373} N n_3 L, \quad (10.35)$$

где  $K_{итог}$  – итоговый коэффициент аварийности в зимний период;  $N$  – среднесуточная интенсивность движения, авт./сут;  $n_3$  – продолжительность зимнего периода, сут;  $L$  – длина участка дороги, км.

Зная средний ущерб от одного ДТП [1], определяют общие потери. Для обоснования эффективных сроков ликвидации гололеда и снежных отложений по изложенной методике в Гипродорнии разработана программа расчетов на ЭВМ, которые выполнили канд. техн. наук В. П. Расников и инж. А. В. Антоненко. Установлено, что длительность зимнего периода незначительно влияет на оптимальный срок ликвидации зимней скользкости и снежных отложений. Независимо от района проложения трассы гололед и снежный накат надо убирать в одинаковые сроки. Значительно большее влияние оказывает число снегопадов и гололедов. С увеличением числа снегопадов экономически эффективные сроки ликвидации отложений увеличиваются, а с ростом числа гололедов уменьшаются (рис. 10.25). Та-

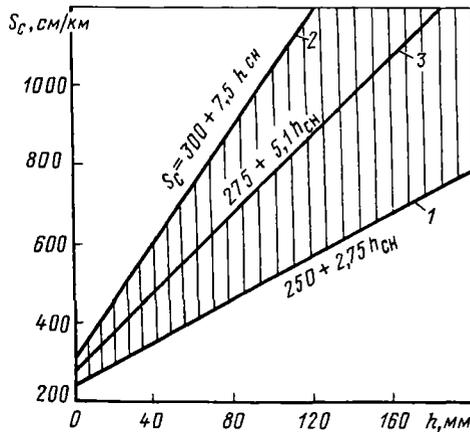


Рис. 10.25. Изменение ровности проезжей части при наличии уплотненного снега:

1 – регулярное профилирование автогрейдером или плужным снегоочистителем; 2 – нерегулярное профилирование; 3 – средние значения

кая разница может быть объяснена тем, что удаление снежных отложений ведется непрерывно в процессе снегопада и завершается после его окончания, а борьба с гололедом начинается и заканчивается практически после его образования, а также тем, что гололед влияет на скорость движения и аварийность значительно больше, чем снегопад.

Экономически целесообразно выдерживать одинаковые сроки ликвидации зимней скользкости на всей протяженности дороги вне зависимости от итогового коэффициента безопасности, т.е. влияние зимней

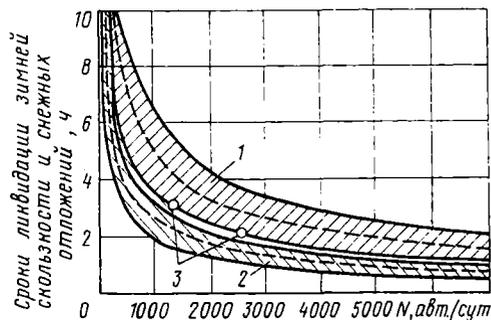


Рис. 10.26. Зависимость сроков ликвидации зимней скользкости от методов борьбы и интенсивности движения:

1 – применение песчано-соляных смесей; 2 – то же твердых хлоридов; 3 – нормы ГДР

скользкости на аварийность значительно превышает влияние геометрических параметров дороги.

Наибольшее влияние на экономически эффективные сроки ликвидации зимней скользкости и снежных отложений оказывает интенсивность движения (рис. 10.26), которая и должна быть положена в основу градаций требований к директивным срокам ликвидации этих явлений, т.е. сроки должны быть дифференцированы именно по интенсивности. Установлено, что экономически эффективные сроки ликвидации зимней скользкости зависят от применяемой технологии, а использование хлоридов значительно эффективнее, чем песчано-соляных смесей.

## Глава 11

### ТЕХНОЛОГИЯ РЕМОНТА ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА И СИСТЕМЫ ВОДООТВОДА, БЛАГОУСТРОЙСТВО ДОРОГ

#### 11.1. Ремонт земляного полотна и системы водоотвода

При ремонте земляного полотна выполняют работы по перестройке пучинистых участков и замене слабopочных грунтов, спрямлению отдельных участков и изменению геометрических параметров (уширение, подъемка, смягчение продольных уклонов, увеличение радиусов закруглений), восстанавливают разрушенные обочины и откосы.

Устраивают земляное полотно и систему водоотвода на пересечениях

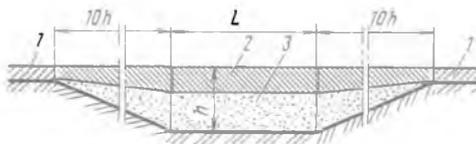


Рис. 11.1. Схема продольного сопряжения перестроенного пучинистого участка с неперестраиваемыми:

1 - дорожная одежда на соседних неперестраиваемых участках; 2 - новая дорожная одежда; 3 - замененный грунт;  $L$  - протяженность пучинистого участка;  $h$  - толщина замененного слоя грунта

и примыканиях дорог, а также выполняют работы по строительству площадок для остановок и стоянки автомобилей, площадок отдыха вне проезжей части. Технология выполнения большинства из этих работ не отличается от технологии строительства.

Если перестройка состоит в поднятии отметки земляного полотна, сначала удаляют дорожную одежду, а затем досыпают земляное полотно. Аналогичные работы выполняют и при перестройке пучинистых участков, тем более, что материал дорожной одежды здесь сильно загрязнен. Затем разрыхляют и убирают пучинистый грунт, корыто заполняют песчаным грунтом с послойным уплотнением. Места замены грунта на пучинистых участках с соседними неперестраиваемыми сопрягают в виде клина с крутизной откоса вдоль его оси 1 : 10 (рис. 11.1). Это позволяет предотвратить неравномерное морозное пучение в сопряжениях. Для уменьшения толщины слоев основания новой дорожной одежды устраивают преслойки из рулонных синтетических текстильных материалов.

Уширение земляного полотна может быть двусторонним (рис. 11.2, а) и односторонним (рис. 11.2, б). При двустороннем уширении, которое применяют на невысоких насыпях и неглубоких выемках, дорожная одежда остается на прочном, хорошо сформировавшемся основании. При этом необходимо удлинить трубы, уширить мосты и перестроить обстановку дороги также с двух сторон.

При одностороннем уширении эти работы выполняют с одной стороны, размер уширения больше и работы могут быть выполнены более качественно и экономично. В этом случае часть уширенной дорожной одежды располагается на свежесыпанном грунте.

Для надежного сопряжения присыпаемого грунта с грунтом существующего полотна при насыпи ниже 2 м ограничиваются разрыхлением старых откосов или нарезкой борозд

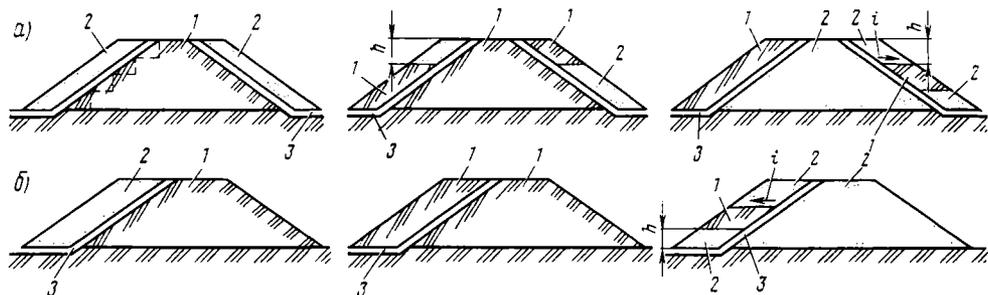


Рис. 11.2. Схемы уширения насыпи:

1 - связный грунт; 2 - песчаный грунт; 3 - снимаемый растительный грунт;  $h$  - минимальная толщина песчаного слоя ( $h \geq h_k$ ,  $h_k$  - высота капиллярного поднятия песка);  $i$  - поперечный уклон (не менее 50 ‰)

глубиной 0,2–0,25 м. У более высоких насыпей на откосах нарезают уступы высотой до 0,5 м, придавая им уклон 50‰. На насыпях из песчаных грунтов уклон уступов делают к оси дороги, из глинистых грунтов – от оси.

Ремонтируя неукрепленные обочины, профилируют и планируют их поверхности с приданием поперечного уклона до 50–60‰. Для подсыпки обочин используют супесчаный, песчаный грунт или аналогичный тому, из которого отсыпана насыпь. При ремонте укрепленных обочин заделывают разрушения покрытий укрепления, усиливают конструкцию. Эти работы совмещают с ремонтом проезжей части.

Ремонтируя систему водоотвода, осуществляют сплошную прочистку канав и кюветов, создавая требуемый поперечный профиль и продольный уклон не менее 10‰. Прочистку начинают с наиболее пониженной точки навстречу возможному течению воды. Для прочистки углубления и восстановления канав применяют автогрейдеры с откосниками, канавокопатели и т. д. Грунт, вынутый из канав и непригодный для подсыпки обочин и откосов, перемещают на обрэзы и затем разравнивают тонким слоем. Откосы и дно резервов планируют по уклону местности.

Места, где боковые канавы подвергаются наиболее частым размывам, необходимо укрепить моще-

нием, бетонными плитами. Также укрепляют выходные русла боковых и водоотводных канав. При интенсивном размыве в нижней части канав укладывают железобетонные лотки. Во всех случаях боковые стенки канав должны иметь укрепление на 10–15 см выше максимального уровня воды в период пропуска наибольших объемов.

В случае застоя воды около дороги на полосе отвода выполняют планировочные работы. Во избежание застоя воды дно резерва должно иметь поперечный уклон не менее 20‰ в сторону от насыпи и продольный уклон не менее 10‰.

При сильном увлажнении насыпей грунтовыми водами на границе полосы отвода устраивают продольные дренажные прорезы открытого или закрытого типа в зависимости от грунтовых и гидрологических условий. Прочищают и ремонтируют поврежденные подземные водостоки, дренажи, колодцы, дренажные воронки и прорезы, промывают залившиеся дренажи с помощью специальных машин. При устройстве и переустройстве различных конструкций траншейного дренажа часто используют искусственные фильтры из синтетических текстильных материалов [18].

**Укрепление обочин и откосов.** Большое внимание при ремонте дорог уделяют укреплению обочин и откосов. Выбирая конструкцию укрепления обочины, выделяют три ха-

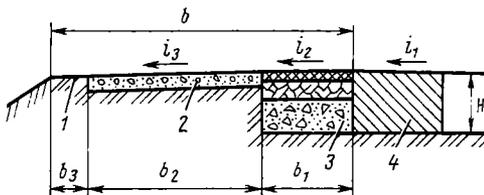


Рис. 11.3. Конструкция укрепления обочин:  
1 – укрепление засевом трав; 2 – укрепление полосы для остановки автомобилей; 3 – укрепленная крайняя полоса; 4 – существующая одежда проезжей части

рактерные зоны (рис. 11.3): крайнюю укрепленную полосу шириной  $b_1$  для случайных наездов автомобилей; остановочную полосу  $b_2$  для вынужденной остановки; приобочочную полосу  $b_3$ .

Ширину крайних укрепленных и остановочных полос назначают из условий обеспечения скорости, пропускной способности и безопасности движения (см. гл. 15).

Для обеспечения безопасности движения покрытие укрепленной полосы и укрепленной обочины устраивают из материалов, заметно отличающихся по цвету и внешнему виду от покрытия проезжей части. Покрытие крайних укрепленных и остановочных полос допускается устраивать однотипными с покрытием проезжей части, но обязательно с краевой разметкой из термопластика, краски или других материалов, обладающих длительными сроками службы.

Обочины укрепляют сборным и монолитным цементобетоном, асфальтобетоном, черным щебнем (гравием), щебеночным (гравийным) материалом, обработанным вяжущим, грунты, щебеночные (гравийные) и другие несвязные материалы. Приобочочную полосу обочин обычно укрепляют травой.

Для снижения расхода строительных материалов и повышения срока службы укрепления в конструкции используют прослойки синтетических материалов тканого и нетканого типов, которые могут выполнять функции армирующего, дренирующего или гидроизоляционного слоя,

а также защитной прослойки между слоями укрепления [3].

Существуют различные технологические способы устройства крайних укрепленных полос и обочин [38, 49, 59]. При уширении проезжей части дорожную одежду на крайних укрепленных полосах часто делают одинаковой с дорожной одеждой проезжей части, что очень удобно технологически. В этом случае все слои основания и покрытия сразу строят на общую ширину уширения проезжей части и крайних укрепленных полос, затем крайние полосы отделяют от проезжей части разметкой. Недостатком этого метода является перерасход дорожно-строительных материалов, поскольку толщина дорожной одежды на крайних полосах может быть меньше, чем на проезжей части. Другим недостатком считают одинаковый цвет и внешний вид покрытия как на проезжей части, так и на укрепленных полосах.

На дорогах III и IV категорий обочины часто укрепляют местными каменными материалами, укладывая их слоем 10–20 см на ширину крайней и остановочной полосы.

Технологический процесс укрепления обочины в простейшем случае сводится к следующему. Вначале выкапывают корыто: рылят грунт обочины кирковщиком за два-три прохода, нарезают корыто автогрейдером за два-три прохода у кромки одежды, затем за два-три прохода у бровки полотна, после чего выравнивают дно корыта за два прохода с дополнительным ножом при ширине укрепленной полосы до 1 м и без ножа, если  $b_1 > 1$  м. Производительность тяжелого автогрейдера на устройстве корыта 2–4 км/смену. Далее строят основание и покрытие: завозят материал, разгружают его и надвигают автогрейдером в корыто, уплотняют катками.

Более сложным, но экономичным по расходу материалов будет строительство дорожной одежды на крайних и остановочных полосах, которая отличается по толщине, мате-

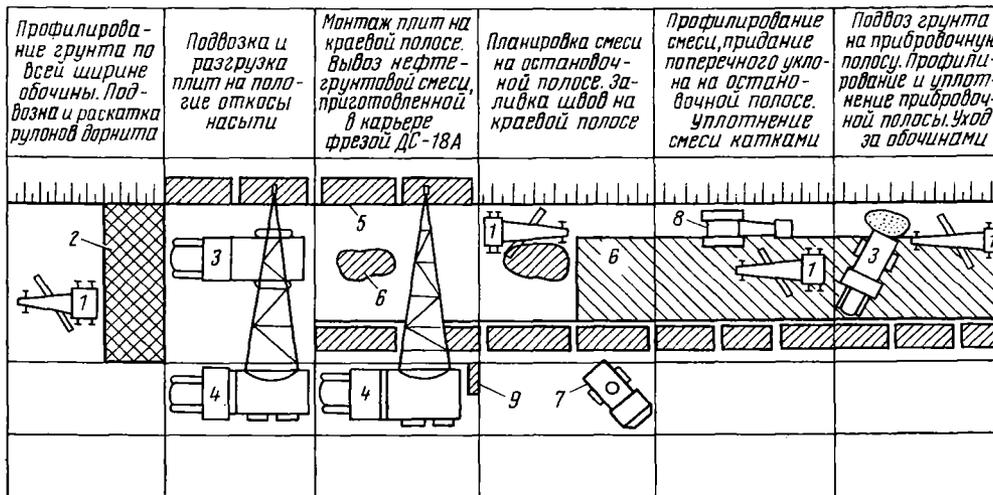


Рис. 11.4. Технологическая схема укрепления обочины комбинированного типа:

1 – автогрейдер ДЗ-31; 2 – дорнит; 3 – автомобиль-самосвал; 4 – автокран КС-436А; 5 – узкие цементобетонные или зологрунтовые плиты; 6 – цементогрунт с добавкой нефти; 7 – заливщик швов ДС-67; 8 – каток ДУ-31А; 9 – электросварочный агрегат

риалу и внешнему виду от одежды проезжей части (рис. 11.4).

При ремонте земляного полотна осуществляют работы и по укреплению откосов насыпей и выемок в местах оплывов, промоин и т. д. Такие места планируют, засыпав ямы грунтом, и укрепляют посевом многолетних трав, решетчатыми конструкциями из сборных элементов. Травосеяние проводят в сроки, обеспечивающие нормальный рост трав и развитие их корневой системы. Укрепление травосеянием применяют на грунтах с показателем кислотности  $pH > 5$ . При этом растительная земля должна содержать нужные питательные вещества. Бедные растительные почвы обогащают минеральными и органическими удобрениями. Толщина растительного слоя на откосе должна быть не менее 5–10 см. Укрепление откосов засевом трав выполняют вручную или гидропосевом. Для укрепления откосов широко используют рулонные синтетические материалы. Их применяют для повышения местной устойчивости, а также для усиления грунтового массива (повышения общей устойчивости откосов).

Как правило, синтетические материалы используют в комбинации с другими типами укрепления – биологическими, несущими, защитными и изолирующими. При сочетании с биологическими типами укрепления в виде посева трав различными способами полотна укладывают непосредственно на поверхность откоса под растительный грунт (рис. 11.5, а) или на поверхность растительного грунта (рис. 11.5, б). В первом случае создается более плотный травяной покров и выравнивается влажностный режим, во втором предотвращается вымывание семян, и откос защищается от эрозии на период формирования травяного покрова. Синтетический материал при этом служит временным элементом. Для использования этого материала в качестве постоянного элемента над ним устраивают замыкающий слой не менее 5 см из грунтовой засыпки. На откосах выемок, сложенных глинистыми грунтами повышенной влажности при выклинивающихся водоносных грунтах, целесообразно синтетический материал сочетать с верхним замыкающим слоем из засеянного травами растительного

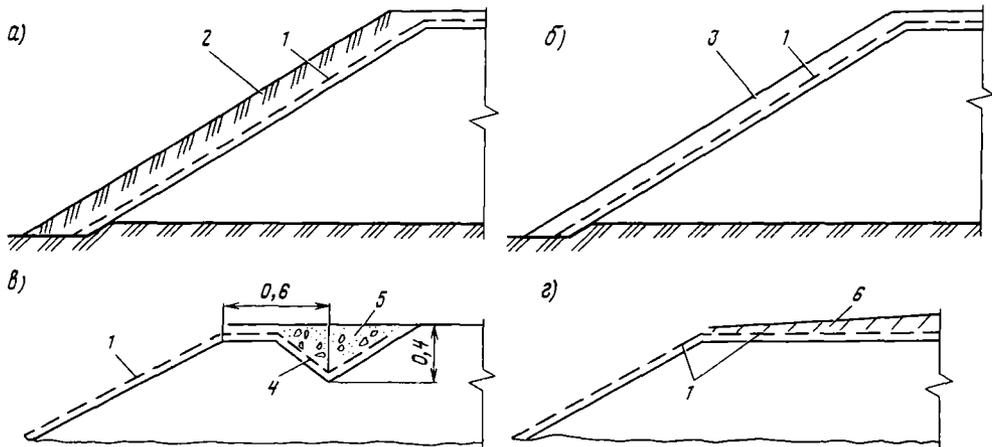


Рис. 11.5. Схемы укрепления откосов земляного полотна синтетическим материалом в комбинации с биологическими типами укрепления:

1 – синтетический материал; 2 – растительный грунт; 3 – замыкающий (защитный) грунтовый слой ( $\geq 5$  см); 4 – закрепление синтетического материала; 5 – грунт, песчано-гравийная смесь и другой материал; 6 – укрепление обочины

или дренирующего грунта толщиной 10–30 см.

Синтетический материал, применяемый в качестве постоянного элемента, закрепляют на обочине (рис. 11.5, в); одновременно с откосами целесообразно укреплять и обочины (рис. 11.5, г). Полотна синтетического материала используют также в сочетании с несущими решетчатыми сборными конструкциями укрепления, заполняя ячейки решетки каменным материалом 40–100 мм, или защитными и изолирующими решетчатыми сборными облегченными конструкциями, ячейки которых заполнены растительным грунтом с посевом трав, торфопесчаной или гравийно-песчаной смесями.

**Ремонт водопропускных труб.** Основные задачи ремонта и содержания водопропускных труб: поддержание нормального водотока, устранение дефектов оголовков и звеньев, стыков и гидроизоляции.

При появлении небольшой осадки или смещения звеньев труб дефектные швы заделывают, а лоток выравнивают бетоном. Зазоры между звеньями в швах заделывают просмоленной паклей, затем жестким цементным раствором. При разви-

тии значительных деформаций перекладывают отдельные звенья. Трубы, имеющие большие повреждения, перестраивают, если невозможно усилить. До выполнения ремонта такие трубы необходимо временно укрепить постановкой рам, подпорок, кружал и т.д. Деформированные оголовки перестраивают, одновременно устраняя причины, вызвавшие деформации.

Если появились признаки повреждения гидроизоляции, вскрывают насыпь над дефектным участком трубы, заполняют швы паклей, пропитанной битумной мастикой. Дефектные швы на ширину 25 см, а также участки с видимыми нарушениями гидроизоляции покрывают несколькими слоями рулонного материала с чередованием битумной мастики. Трубу засыпают слоями по 15–20 см и тщательно уплотняют грунт трамбовками.

Пустоты за трубами, образующиеся вследствие вымывания грунта через дефектные швы, при небольшой высоте насыпи заполняют грунтом, вскрывая сверху участок, а на высоких насыпях – песком или цементно-песчаной смесью под давлением.

Для этого иньекторы устанавливаются в швы между звеньями и нагнетают указанные материалы с помощью цемент-пушки или растворонасоса.

## 11.2. Технология озеленения и благоустройства дорог

**Снегозащитное и декоративное озеленение.** По функциональному назначению озеленение автомобильных дорог подразделяют на снегозащитное, декоративное, противоэрозийное и пескозащитное.

**Снегозащитные лесонасаждения** — наиболее надежный экономичный и долговечный вид постоянной снегозащиты. К их недостаткам относят необходимость занятия пахотных земель, значительный период от посадки до включения в полную работу, невозможность механизации ухода за насаждениями. Систему придорожных снегозащитных лесонасаждений составляют одно- и двухрядные живые изгороди, многорядные полосы и кулисные лесонасаждения.

Надежность снегозащитного насаждения  $N$  определяют отношением его снегоемкости  $Q_n$  ( $\text{м}^3/\text{м}$ ) к максимальному объему снегоприноса к ограждаемой стороне дороги  $W_{с.д}$  ( $\text{м}^3/\text{м}$ )

$$N = Q_n / W_{с.д}. \quad (11.1)$$

**Живые изгороди** — одно- или двухрядные густые посадки высотой 2–3 м, работающие по принципу плоской просветной преграды. Изгороди создают на расстоянии от подошвы насыпи или выемки не менее 10 высот деревьев, практически не ближе 25 м. Снегоемкость однорядных живых изгородей

$$Q_n = 7H^2. \quad (11.2)$$

Снегоемкость двухрядных изгородей увеличивается за счет накопления снега между рядами

$$Q_n = 7H^2 + 0,8HB, \quad (11.3)$$

где  $H$  — высота деревьев, м;  $B$  — расстояние между рядами, равное 2–3 м.

Живые изгороди создают из одной породы деревьев. При большой их протяженности через некоторые промежутки меняют породу во избежание монотонного вида и массового повреждения грибковыми болезнями или насекомыми-вредителями. Лучшей породой является ель. Можно применять можжевельник обыкновенный и тую западную. Менее эффективны для живых изгородей лиственные породы — граб, ива белая, вяз обыкновенный.

На дорогах БССР широко распространены снегозадерживающие еловые изгороди, конструктивные схемы которых разработаны канд. техн. наук В. А. Пастернацким (рис. 11.6). Расстояние между деревьями в

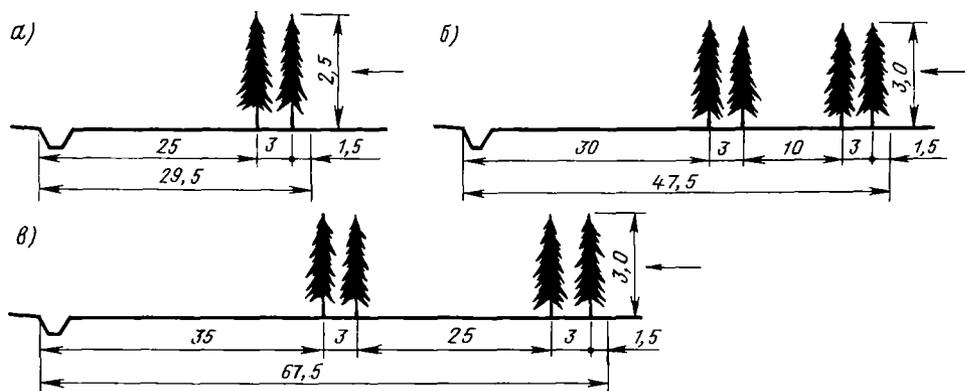


Рис. 11.6. Схемы снегозадерживающих еловых изгородей:  
а — снегоемкость до  $50 \text{ м}^3/\text{м}$ ; б — то же до  $100 \text{ м}^3/\text{м}$ ; в — то же до  $150 \text{ м}^3/\text{м}$

ряду 1,5 м. Снегоемкость таких изгородей от 50 до 150 м<sup>3</sup>/м.

Снегозащитная лесная полоса представляет собой объемную преграду для снеговетрового потока, состоящую из нескольких рядов деревьев и двухрядной кустарниковой опушки, размещенных параллельно дороге на определенных расстояниях. Лесные полосы формируют из нескольких групп растений: низких кустарников высотой до 2 м; высоких — до 4 м; низкокронных деревьев до 15 м и высококронных — до 25 м.

По законам аэродинамики в поперечном профиле лесная полоса должна быть обтекаемой: с наружной (наветренной) стороны высота деревьев плавно увеличивается, с внутренней (подветренной) стороны высота их резко уменьшается.

Снегозадерживающая способность и снегоемкость зависят от ширины лесополос  $L$  и высоты деревьев  $H$ . Чем выше деревья и больше их плотность, тем больше снега откладывается в лесной полосе. Однако при высоте снежных отложений более 2,5 м в лесных полосах начинается снеголом деревьев. С увеличением рядов деревьев возрастает объем отложений снега непосредственно в лесной полосе и в подветренном шлейфе. Чтобы полностью задержать снег, приносимый к дороге  $W_{с.д.}$ , полоса должна иметь ширину

$$L = W_{с.д.}/h_{ср} - 8h_{ср}, \quad (11.4)$$

где  $h_{ср}$  — средняя высота снегоотложений в полосе (принимается от 1 до 2,5 м).

Расстояния от бровки земляного полотна до придорожной лесной полосы, ширину лесных полос и разрывы между лесными полосами определяют в зависимости от объема снегоприноса:

требуемая ширина полосы

$$L_{тр} = 0,09W_p + 6; \quad (11.5)$$

необходимое удаление от бровки полотна

$$l = 20 + 0,25W_p; \quad (11.6)$$

снегоемкость полосы

$$Q_n = (L_\phi - 6)/0,09. \quad (11.7)$$

где  $L_\phi$  — фактическая ширина полосы, м;  $W_p$  — расчетный снегопринос, м<sup>3</sup>/м.

Особое значение имеет правильный выбор расстояния от бровки земляного полотна до лесной полосы. Если оно меньше, чем длина снежного шлейфа, дорога будет занесена снегом при метели большой интенсивности. Удаление многорядных посадок от дороги на большое расстояние  $l$  приводит к неэффективному использованию пахотных земель площадью от 60 до 150 га на 1 км дороги (в зависимости от снегоприноса). В связи с этим на ряде дорог черноземных районов страны (УССР, Молдавская ССР, БССР и др.) начата вырубка придорожных лесонасаждений, которые, к сожалению, проводятся без научных обоснований.

Для снегоприноса больших объемов Союздорнии предложены кулисные лесные полосы, т. е. насаждения, состоящие из нескольких полос (кулис), в промежутках между которыми откладывается снег (рис. 11.7).

Для сокращения площади земель, занимаемых снегозащитными лесными полосами, канд. техн. наук В. А. Коломиец (ХАДИ) предложил устраивать эти полосы по принципу поперечной пластинки, удаленной на значительное расстояние от бровки земляного полотна. Узкая плотная полоса в этом случае состоит из трех рядов деревьев высотой от 8 до 15 м, расположенных в 250 м от дороги. Ширина отчуждаемой полосы составляет всего 8 м, поскольку полосу земли между дорогой и лесной полосой можно обрабатывать механизмами и засевать сельскохозяйственными культурами.

Древесные и кустарниковые породы для снегозащитных полос подбирают с учетом лесорастительных условий каждого конкретного участка насаждений, биологических и снегозадерживающих особенностей деревьев и кустарников. Каждый ряд лесной полосы должен состоять из одной породы деревьев или кустарников. Расстояние между рядами деревьев и кустарников в полосе долж-

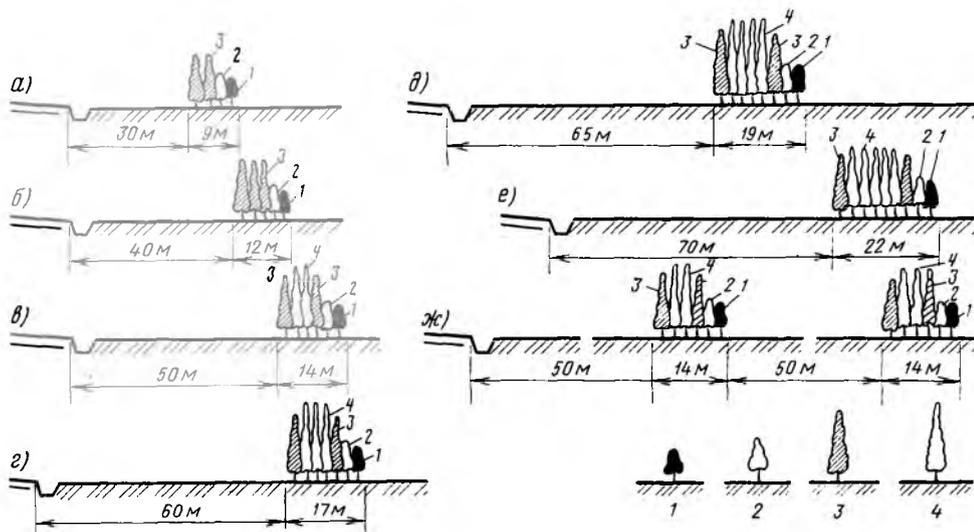


Рис. 11.7. Типовые схемы снегозащитных лесных полос на дорогах при объеме снегоприноса: а - до  $50 \text{ м}^3/\text{м}$ ; б - до  $75 \text{ м}^3/\text{м}$ ; в - до  $100 \text{ м}^3/\text{м}$ ; г - до  $125 \text{ м}^3/\text{м}$ ; д - до  $150 \text{ м}^3/\text{м}$ ; е - до  $200 \text{ м}^3/\text{м}$ ; ж - до  $250 \text{ м}^3/\text{м}$ ; 1 - кустарники низкие; 2 - высокие; 3 - деревья низкокороные; 4 - высокороные

но быть одинаковым и в благоприятных лесорастительных условиях принимается в размере 2,5 м, в тяжелых - 3-3,5 м. Расстояние между растениями в ряду допускается в пределах 0,5-1 м. При большой длине снегозащитной лесной полосы, расположенной на сельскохозяйственных угодьях, необходимы технологические разрывы (по 10-15 м) через каждые 800-1000 м для прохода сельскохозяйственных машин.

*Декоративное озеленение* в соответствии с существующими садово-парковыми стилями и местными условиями выполняют следующими приемами; регулярным - линейные (аллейные или рядовые) посадки деревьев и кустарников, а также живые изгороди; ландшафтным или свободным - групповые посадки деревьев и кустарников в увязке с прилегающим ландшафтом; смешанным - сочетание регулярных и свободных посадок, а также комплексные посадки у перекрестков, автобусных остановок, путепроводов, входов в лес и т. д.

Аллеиные посадки эффективны на коротких прямых участках при прохождении трассы в долинах рек, на снегозаносимых участках, в районах

орошения, на мелиорированных землях и в других районах, где ландшафт исчерчен прямыми линиями. Такое проложение рядовых посадок подчеркивает, что близко населенный пункт, примечательное место, площадки отдыха. Недопустимы аллейные посадки на длинных маршрутах, особенно в однообразных районах (степь, районы орошения). Аллейные посадки должны начинаться и заканчиваться групповыми посадками. Отрицательный эффект при аллейных посадках возникает, когда в лучах заходящего солнца на проезжей части возникают монотонные теневые пятна, воспринимаемые водителем как волнистое покрытие. Групповые посадки эффективнее в местностях с широковолнистым и холмистым рельефами. Ближе к дороге рекомендуется располагать мелкие (длина не более 10 м) и средние (10-20 м) ландшафтные группы с темной окраской, на заднем плане высаживать крупные (20 м и более) группы с более светлой окраской листвы или хвои. Не рекомендуются групповые посадки вдоль одной линии от дороги. Большой эффект достигается, когда их высаживают на разных расстояниях от дороги.

Хорошо воспринимается групповая посадка протяженностью 100–200 м, которая с обеих сторон окаймляется кустарниками. Групповые посадки могут иметь кустарниковые, древесные, древесно-кустарниковые породы и состоять из одного или нескольких видов растений.

В лесной местности необходимо периодически раскрывать сплошные зоны деревьев для показа полян, озер, опушек; для лесоболотистой местности через 10–20 км необходимо ушивать лес с целью показа опушек.

**Посадка и уход за лесонасаждениями.** Подготовка почвы под лесные полосы и выращивание снегозащитных насаждений осуществляется с соблюдением региональных агротехнических требований. Проведению посадочных работ предшествует заблаговременная подготовка почвы. Основная задача заключается в уничтожении сорняков, накоплении влаги в почве, улучшении ее структуры, температурного режима и аэрации. Лучший срок посадки в районах нечерноземной полосы весна. В южных районах с продолжительной осенью и теплой зимой хорошие результаты дает осенняя посадка.

Основным посадочным материалом для снегозащитных насаждений являются семена, укорененные черенки одно- и двухлетнего возраста и саженцы двух-пяти лет. Основной уход за снегозащитными насаждениями до смыкания крон заключается в обработке почвы, ее разрыхлении и борьбе с сорняками. Обработку почвы ведут по мере ее уплотнения и массового появления сорной растительности; в первый год не менее четырех-пяти обработок за лето, во второй – трех-четырёх, в третий – двух-трех и в последующие одной-двух до смыкания крон деревьев. В междурядьях уход за почвой выполняют механизированным способом.

Дорожные организации выполняют большие работы по *повышению работоспособности* старых насажде-

ний. К недостаткам многих из них относятся: близкое расположение относительно дороги (12–16 м), излишняя высота насаждений (5–6 м и более), малая ширина полосы (около 7 м), недостаточная плотность посадок, нерациональная схема смешения древесных пород и др.

Наиболее простая и эффективная мера, повышающая работоспособность снегозащитных насаждений, – рубка ухода, которая должна проводиться в соответствии с Инструкцией по проведению рубок ухода в снегозащитных насаждениях вдоль автомобильных дорог. Рубки ухода бывают текущие, конструктивные, специального назначения, декоративные восстановительные.

К *рубкам текущего ухода* относят прочистки, омоложение кустарников, освобождение ценных пород, санитарные рубки. Прочистки заключаются в удалении деревьев и кустарников, мешающих нормальному росту насаждений, их рекомендуется проводить в летний период. Рубки омоложения кустарников выполняют в любое время года с целью их порослевого возобновления. Работа состоит в периодическом удалении надземной части кустарников с оставлением пеньков высотой не более 5–10 см. Рубки освобождения ценных пород применяют в случаях, когда их угнетают соседние деревья или кустарники. При таких рубках угнетающие породы спиливают или срубают на пень или на штамп. Рубки на пень выполняют так, чтобы высота оставляемых пней не превышала 10 см. При рубках на штамп спиливают стволы удаляемых деревьев, оставляя высокие пни (штамбы), возвышающиеся над поверхностью земли на 1,3–1,5 м. Рубки освобождения выполняют летом. При санитарных рубках из насаждений удаляют сухостойные, поврежденные в результате снеголома, ветровала, гололеда, деятельности вредителей, грибовых заболеваний.

*Конструктивные рубки* имеют целью формирование плотной конструкции насаждений и постоянное

поддержание их в этом состоянии. Их выполняют на штамп осенью, зимой или ранней весной или на пень — осенью или ранней весной. После этих рубок деревья формируют новую густую крону из порослевых побегов, благодаря чему работа лесной полосы по снегозадержанию улучшается, а образующийся снежный вал укорачивается и перестает угрожать дороге.

*Рубки специального назначения* выполняют, когда на территории, занятой придорожными насаждениями, имеются сооружения, например линии связи или электропередачи. Правила требуют, чтобы расстояние от ветвей деревьев составляло не менее: для линий связи в городах 1,25 м, в пригородах — 2 м, на остальных части трассы — 2,5 м; для линий электропередачи при напряжении до 20 кВ — 3 м, до 110 кВ — 4 м, до 220 кВ — 5 м.

*Декоративные рубки* выполняют в любое время года, но отбирают деревья, подлежащие рубке весной или летом. Их проводят в декоративных насаждениях для улучшения биологических свойств и эстетических качеств, а также в снегозащитных насаждениях, утративших свое снегозащитное значение.

*Восстановительные рубки* проводят с начала осеннего листопада, в течение всей зимы и ранней весной до распускания листьев; их выполняют, чтобы исправить состарившиеся или поврежденные придорожные насаждения, сформированные из лиственных пород (кроме березы). Работа выполняется путем рубки на пень, причем уже в течение одного-двух лет происходит интенсивное восстановление насаждений за счет поросли, образующейся на пнях и корнях срубленных деревьев и кустарников.

При рубках ухода используют бензомоторные пилы, сучкорезы, ручные электромеханические кусторезы, кусторезы с дисковыми пилами на колесных тракторах и т. д.

Когда старые снегозадерживающие лесные полосы не обеспечивают

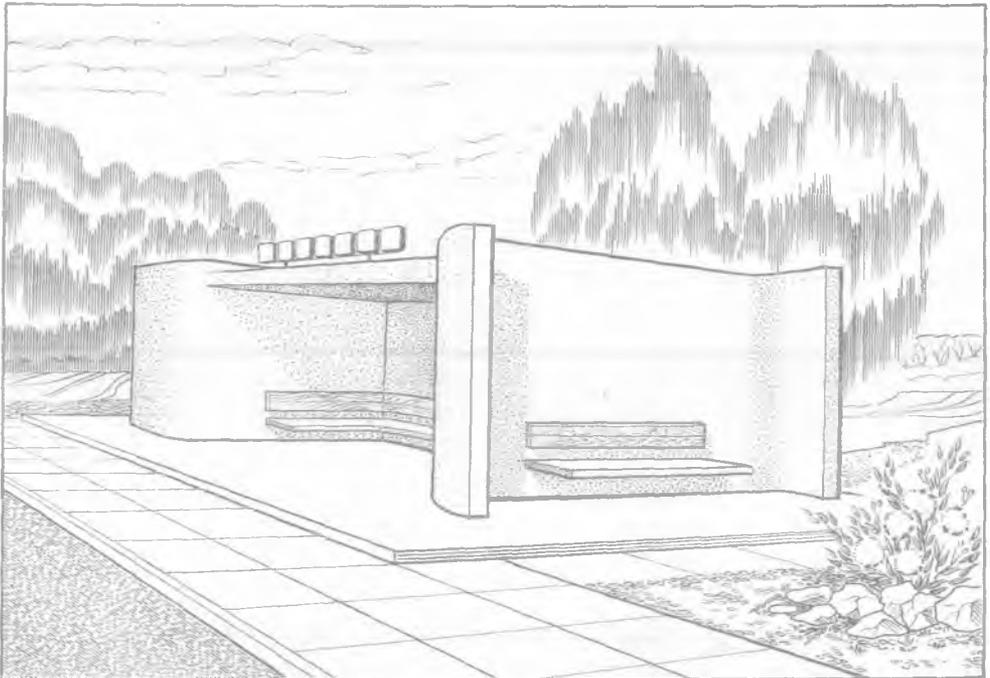
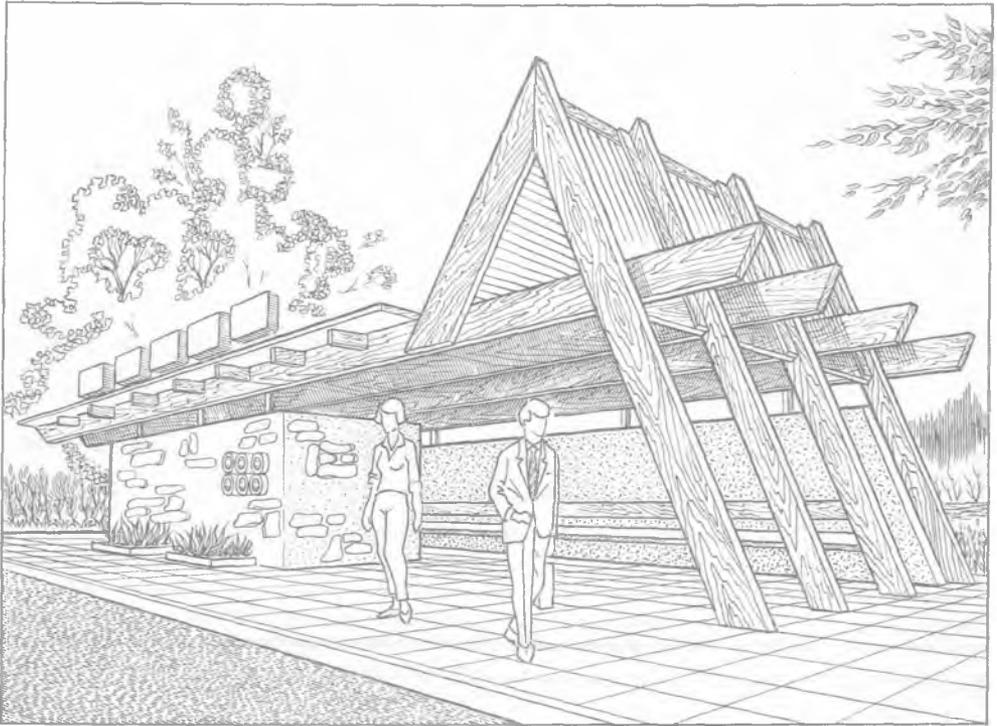
достаточную снегоемкость, проводят усиление полос путем увеличения их ширины или создания дополнительных полос. Для увеличения ширины с полевой стороны этих насаждений создают дополнительные ряды деревьев и кустарников. Дополнительные лесные полосы проектируют обычно при объемах снегоприноса  $100 \text{ м}^3/\text{м}$  и более, когда имеющиеся насаждения расположены на недостаточном удалении от дороги и нецелесообразно увеличивать их ширину. После посадки систематически ведут уход за растениями, удаляют сорняки, проводят мероприятия по профилактике и борьбе с болезнями и вредителями.

**Благоустройство дорог.** Автомобильная дорога и прилегающая к ней полоса отвода должны быть благоустроены, т. е. иметь вид, соответствующий требованиям эстетики и ландшафтной архитектуры. Это необходимо, чтобы движение по дороге было удобным и доставляло эстетическое удовлетворение.

Архитектурно-художественное оформление включает декоративное озеленение, маршрутные схемы, оформление границ республик и областей, въездов в города и поселки городского типа. Оно предназначено дополнить и улучшить ландшафт озеленением и средствами малых архитектурных форм и является частью архитектуры дороги.

Автопавильоны целесообразно строить по индивидуальным или типовым проектам, разработанным с учетом местных условий, традиций народной архитектуры и стилового единства определенного участка дороги (рис. 11.8 и 11.9).

Пространство зоны отдыха определяют от стоянки автомобилей, помещая между ними несколько деревьев или высокие кустарники. Между зонами отдыха и стоянки автомобилей устраивают пешеходные дорожки, мостики или лестницы шириной 1,5 м. Столы и скамьи должны быть простой и прочной конструкции. Для мусора и пищевых отходов на площадках отдыха необхо-



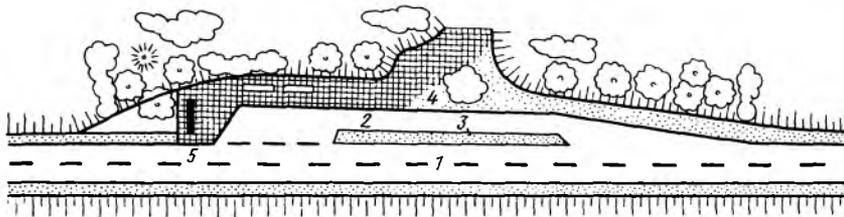


Рис. 11.10. Планировка стоянки у маршрутной схемы:

1 – проезжая часть основной дороги; 2 – полоса для стоянки автомобилей; 3 – отделительный островок; 4 – посадочная полоса (дорожка) с покрытием; 5 – маршрутная схема

димо устанавливать мусоросборники; для обеспечения проезжающих питьевой водой надо создавать и обустроить водные источники и в первую очередь на площадках отдыха.

На дорогах часто устраивают монументально-декоративные средства оформления (скульптура, памятные доски), отмечающие места исторического прошлого, природные достопримечательности. Монументальное оформление дороги должно быть решено по возможности в виде плоскости, обращенной фасадом к едущим автомобилям. Его информационное содержание должно быть настолько простым и исчерпывающим, чтобы воспринималось издали и не вызывало у водителей желания рассмотреть объект еще и сбоку при проезде. Своеобразным сочетанием монументального оформления и путевых указателей являются маршрутные схемы и указатели названий городов, которые лучше располагать как доминанты на границах архитектурных бассейнов или как элементы, подчеркивающие доминанты.

Маршрутные схемы устанавливают при въезде в города и выезде из них, у важнейших пересечений или примыканий дорог общегосударственного и республиканского значения. На них изображают схему дороги (маршрута) с подъездами, сооружения службы сервиса (условными знаками) и города, а также основные расстояния по перегонам. Маршрутные схемы, информация которых может быть воспринята водителем с движущегося автомобиля, устанавливают на уширениях земля-

ного полотна. При большом числе информации маршрутные схемы располагают на специальных площадках (рис. 11.10).

Оформление пересечения границы областей или республик в пределах одной дороги (или союзной республики) должно быть однотипным и так, чтобы его было видно издали. На подъездах к населенным пунктам и в других местах применяют цветочное оформление в виде грядок или полос, клумб и особенно свободных цветочных пятен, а также цветущего газона.

## Глава 12

### ТЕХНОЛОГИЯ РЕМОНТА ПОКРЫТИЙ И ДОРОЖНЫХ ОДЕЖД

#### 12.1. Ремонт щебеночных (гравийных) покрытий

**Ремонт покрытий переходного и низшего типов.** Ремонт состоит в выравнивании поверхности, ликвидации на покрытиях выбоин, впадин, колея, волн, восстановлении слоя износа в сплошном выравнивании покрытий на всей протяженности с добавлением нового материала.

При наличии на покрытии выбоин, впадин, колея производят *выравнивание*. Участок предварительно очищают и вскирковывают на глубину 3–5 см, профилируют автогрейдером, в случае необходимости добавляя новый материал – 15–23 м<sup>3</sup> на 1000 м<sup>2</sup>. Участок уплотняют катками с поливкой водой из расчета

5 л на 1 м<sup>2</sup> покрытия. С целью создать плотное, прочное и устойчивое покрытие материал в процессе уплотнения рекомендуется поливать водными растворами гигроскопических солей 20–30%-ной концентрации с нормой расхода 2–3 л/м<sup>2</sup>.

Для восстановления износа щебеночных покрытий добавляют новый щебень размером 10–20 мм по возможности однородного качества с материалом старого покрытия. Количество добавляемого щебня зависит от степени износа покрытия и составляет от 100 до 250 м<sup>3</sup> на 1 км при ширине покрытия 7 м. Щебень доставляют на проезжую часть, разравнивают автогрейдером за три-четыре прохода и уплотняют катками с пневматическими шинами или гладкими вальцами за четыре-пять проходов по одному следу с поливкой водой 5–10 л/м<sup>2</sup>. Износ гравийных покрытий восстанавливают мелким гравием, но лучше дробленным, который обеспечивает большую износостойкость.

Участки, подверженные значительному деформированию, имеющие много впадин, волн, колея, выравнивают на всей протяженности. При сплошном профилировании добавляют до 500 м<sup>3</sup> нового материала на 1 км.

Сплошное выравнивание щебеночных покрытий включает ремонт крупных разрушений (проломов, глубоких колея), очистку, сплошную кирковку на глубину не менее 5 см, укладку и планировку старого щебня с добавлением нового размером 25–40 мм, подсыпку обочин, уплотнение покрытия с последовательным добавлением каменной мелочи. Гравийные покрытия выравнивают примерно по такой же технологической схеме. Окатанный гравийный материал уплотняется с большим трудом, поэтому добавляют 25–30% дробленого гравия или щебня.

**Ремонт покрытий из щебня (гравия), обработанного вяжущим.** Ремонт щебеночных (гравийных) покрытий, обработанных вяжущим, предусматривает сплошное выравнивание, по-

вышение шероховатости или восстановление слоя износа способом поверхностной обработки или укладкой тонкослойных ковриков износа преимущественно из холодных черных смесей.

*Выравнивание покрытий* производят при наличии большого числа выбоин глубиной более 2 см, искажении профиля из-за волн и наплывов. На покрытиях, построенных по способу смещения, проводят сплошное киркование с добавлением новой смеси из щебня (дробленого гравия), обработанного органическим вяжущим.

Технологический процесс включает следующие операции: очистку поверхности покрытия; сплошную кирковку на глубину деформирования; разравнивание вскиркованного материала автогрейдерами; доставку нового материала в необходимом количестве; перемешивание и уплотнение, устройство поверхностной обработки.

На покрытиях, построенных по способу пропитки, сплошное выравнивание может быть выполнено таким же способом, но с дополнительным разливом вяжущего, или выравнивают с укладкой нового слоя минимальной толщины.

*Для восстановления слоя износа* применяют поверхностную обработку различных конструкций и назначений (см. п. 12.3). На неровных покрытиях предварительно за две-три недели выполняют ямочный ремонт. Двойную поверхностную обработку устраивают, если на покрытии много выкрашиваний, шелушений, выбоин глубиной 1–2 см. На покрытиях высокой ровности, где произошло истирание поверхностного слоя, его можно восстановить укладкой литых эмульсионно-минеральных смесей (битумных шламов) слоем до 5 мм.

При ремонте покрытий из местных слабопрочных гравийных или щебеночных материалов, обработанных вяжущим, слой износа восстанавливают способом поверхностной обработки с применением прочного

щебня крупностью 20–25 мм. Такой щебень меньше втапливается в покрытие из слабых материалов.

Для устройства слоев усиления можно применять влажные органично-минеральные смеси. Рекомендуется также строить комбинированное покрытие из черного щебня с пропиткой битумным шламом или асфальтобетонное покрытие.

## 12.2. Ремонт асфальтобетонных и цементобетонных покрытий

**Ремонт асфальтобетонных покрытий.** Ремонт включает восстановление верхних слоев, в том числе способами термопрофилирования и терморегенерации, устройство шероховатых поверхностных обработок и других слоев износа, усиление и уширение дорожной одежды.

При ремонте асфальтобетонных покрытий все большее распространение получает метод *регенерации* – восстановление их первоначальных эксплуатационных свойств (прочности, ровности и шероховатости).

Вопросам регенерации асфальтобетона посвящен ряд работ Л. В. Билая, Г. С. Бахраха, В. М. Гоглидзе, Г. К. Сюньи, К. Х. Усманова и других. Методы регенерации можно разделить на три группы: пропитка покрытия «омолаживающими» составами, т. е. пластификаторами, восстанавливающими свойства битума; восстановление свойств асфальтобе-

тонного покрытия на месте с использованием различных методов разогрева, разрыхления и улучшения свойств старого асфальтобетона (к этой же группе можно отнести метод холодного фрезерования старого асфальтобетона с переработкой его на месте в передвижной асфальтосмесительной установке и укладкой в дорожную одежду); снятие старого асфальтобетона холодным или горячим способом и переработка его на стационарных АБЗ. В СССР на загородных автомобильных дорогах применяется метод термогенерации или термопрофилирования на месте.

Способы термопрофилирования имеют разновидности (рис. 12.1): термопланирование (за рубежом этот способ называют *reforming* – реформинг), термогомогенизация, термоукладка, термосмещение (*remix*), термопластификация.

*Термопланирование*, или выравнивание при нагреве без добавления новой смеси, состоит в том, что асфальтобетонное покрытие нагревают горелками инфракрасного излучения до 120–180 °С на глубину 2–5 см, затем разрыхляют, перераспределяют (разравнивают) материал и уплотняют.

Способ применяют при восстановлении ровности и поперечного профиля покрытия, если просвет под 3-метровой рейкой не превышает 20 мм. В режиме термопланирования ремонтируют покрытия из пес-

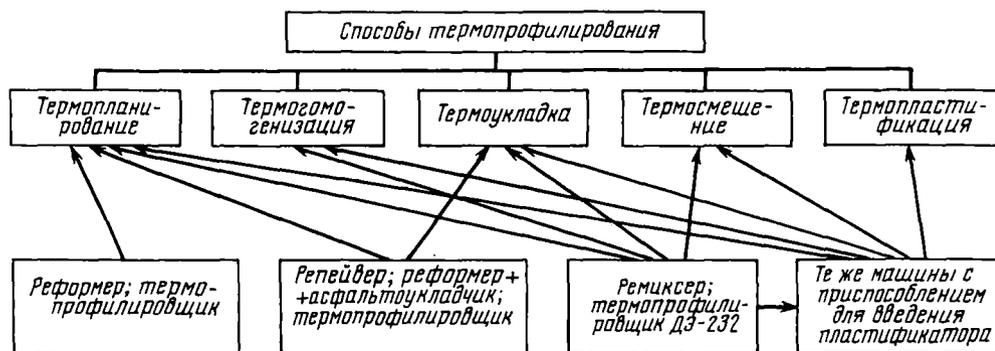


Рис. 12.1. Классификация способов термопрофилирования асфальтобетонных покрытий

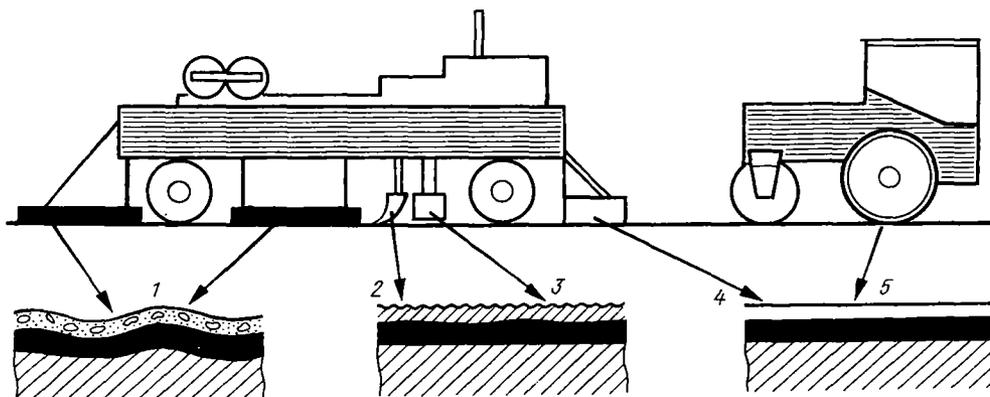


Рис. 12.2. Схема работы термопрофилировщика:

1 — нагрев; 2 — рыхление; 3 — разравнивание; 4 — предварительное уплотнение; 5 — окончательное уплотнение

чаного асфальтобетона, водонасыщение которых не превышает 3% по объему. Можно ремонтировать покрытие из мелкозернистого или песчаного асфальтобетона с водонасыщением, не превышающим 4%, но при условии устройства после этого защитного слоя в виде поверхностной обработки или коврика износа.

В СССР первые термопланировщики изготовлены заводом Миндорстроя УССР (рис. 12.2). Термопрофилировщик модели 4260 Миндорстроя УССР состоит из двух машин: разогревателя модели 4256 и профилировщика модели 4257. Нагрев покрытия производится до 200 °С для асфальтобетона и 120 °С для дегтебетона; средняя температура асфальтобетона (80–120 °С) при толщине слоя 40 мм достигается за 8 мин, если температура воздуха 20 °С. Теплообмен в слое протекает неравномерно. Вначале поверхность нагревается быстрее, чем нижние

слои. К моменту рыхления верхние слои остывают, но нижние за счет теплопроводности аккумулятивно тепла продолжают набирать температуру (рис. 12.3). Это обеспечивает при перемешивании среднюю стабильную температуру 80–100 °С. Нагретую смесь рыхлят, затем разравнивают в поперечном и продольном направлениях и предварительно уплотняют трамбуемым брусом; окончательное уплотнение производят катками.

Рабочая скорость термопрофилирования 3 м/мин, производительность 1100–2200 м<sup>2</sup>/смену при ширине обрабатываемой полосы до 3–3,5 м. С помощью термопланировщика можно восстанавливать не только ровность изношенных покрытий, но и его сцепные качества методом втапливания. В этом случае в отряд включают термопланировщик, распределитель щебня и катки. Обычно после термопланирования на покрытии устраивают защитный слой в виде поверхностной обработки или путем укладки новой асфальтобетонной смеси. При этом асфальтоукладчик движется на расстоянии 15–20 мм от термопрофилировщика.

Термогомогенизация отличается от термопланирования тем, что, кроме основных операций, производят перемешивание старой разрыхленной асфальтобетонной смеси. При этом

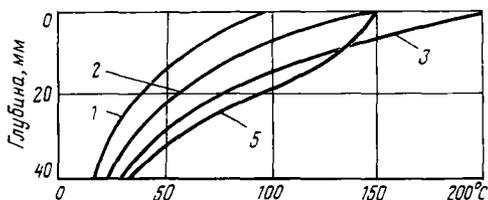


Рис. 12.3. Температурный режим разогреваемого слоя; цифры на кривых — время нагрева в минутах

повышается однородность асфальтобетона и улучшается уплотняемость. Способом термогомогенизации ремонтируют покрытия с водонасыщением, не превышающим 4%. Термогомогенизацию осуществляют с применением термопрофилировщиков, оснащенных мешалкой в виде одной машины или комплекта машин.

**Термоукладка** – выравнивание при нагреве с добавлением новой смеси, но без ее перемешивания со старой. При больших колеях, неровностях и деформациях покрытия разогретого асфальтобетона не хватает для ликвидации неровностей, тогда добавляют небольшое количество новой смеси, разравнивают и уплотняют. Этот способ в зарубежной практике называют *repaving* (репейвинг), а машину для его реализации – репавер. Термоукладку осуществляют с применением термопрофилировщика, оснащенного оборудованием для приема и распределения новой смеси. Можно также использовать комплект оборудования, включающий асфальтоукладчик. В СССР для регенерации асфальтобетонных покрытий выпускается машина ДЭ-232 (термосмеситель). Она смонтирована на самоходном шасси и состоит из четырех панелей-горелок инфракрасного излучения, рыхлителя, шнеков, мешалки, отвала, трамбующего бруса и выглаживающей плиты, емкости для газа, приемного бункера для новой смеси. Производительность 720 м<sup>3</sup>/ч, ширина обработки 3–4 м, рабочая скорость до 3 м/мин, максимальная глубина обработки 50 мм, расход новой смеси до 45 кг/м<sup>2</sup>. Эта машина может выполнять все виды термопрофилирования.

Работы по термопрофилированию способом термопланирования и термоукладки выполняют при температуре воздуха не ниже 15 °С, а способом термогомогенизации и термосмешения, когда температура воздуха не ниже 20 °С. Скорость ветра во всех случаях не должна превышать 7 м/с. Для лучшего и более равномерного по глубине покрытия

прогрева в комплекте с термопрофилированием или термосмесителем применяют асфальторазогреватель ДЭ-234, который представляет собой агрегат на колесном ходу, имеет три панели горелок и обеспечивает предварительный нагрев покрытия. В этом случае работы по термопрофилированию можно выполнять при температуре воздуха не ниже 5 °С.

Способом термоукладки можно отремонтировать покрытия с водонасыщением до 6%. Объем добавляемой новой смеси зависит от ровности ремонтируемого покрытия, степени его износа и обычно назначается в пределах 25–50 кг/м<sup>2</sup>. Последовательность операций термоукладки показана на рис. 12.4.

После очистки от пыли и грязи с помощью разогревателя производят нагрев покрытия на глубину до 40 мм. Вначале в течение 6–7 мин прогревают покрытие, затем при рабочей скорости 1,2–1,3 м/мин прогревают покрытие 10–20 мин (в зависимости от температуры воздуха). После этого выходят на стационарный режим движения 2,5–3 м/мин и температуры нагрева 110 °С. Минимальная продолжительность нагревания  $T_m$  при высоте нагревателя над покрытием 50 мм для слоя толщиной 40 мм зависит от температуры воздуха  $t_b$ :

$t_b, ^\circ\text{C}$	10	20	30	40
$T_m, \text{мин}$	8,8	8	6,9	5,9

Дальнейший нагрев, рыхление и разравнивание старой смеси выполняют машиной ДЭ-232. На уложенный слой старой смеси этой же машиной укладывают и предварительно уплотняют новую смесь, доставленную в приемный бункер автомобилями-самосвалами. Затем уплотняют катками на пневматических шинах и катками с металлическими вальцами массой 12–18 т общим числом проходов по одному следу 8–12. Уплотнение выполняют в диапазоне температур смеси от 70 до 110 °С.

Аналогично выполняют работы с применением термопрофилировщика,

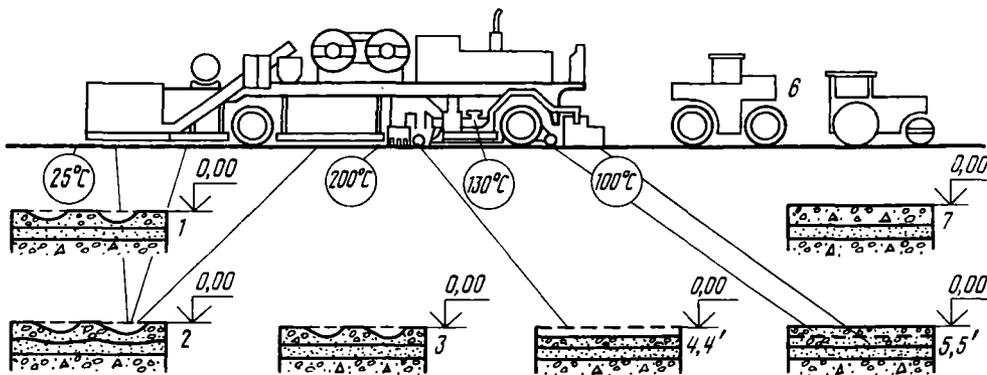


Рис. 12.4. Последовательность технологических операций, выполняемых термосмесителем ДЭ-232 в режимах термоукладки и термосмешения:

1 – покрытие до ремонта; 2 – нагрев; 3 – рыхление; 4 – разравнивание материала (при работе в режиме термоукладки); 4' – сбор разрыхленной смеси, добавление новой, перемешивание (при работе в режиме термосмешения); 5 – добавление новой смеси, разравнивание, предварительное уплотнение (при работе в режиме термоукладки); 5' – разравнивание, предварительное уплотнение (при работе в режиме термосмешения); 6 – окончательное уплотнение; 7 – отремонтированное покрытие

выпускаемого Миндорстроем УССР, который имеет оборудование для приема и распределения новой смеси. Способом термоукладки можно осуществлять усиление дорожной одежды, увеличивая добавку новой смеси более  $50 \text{ кг/м}^2$ .

*Способ термосмешения* (выравнивание) – разогрев, рыхление старой смеси с добавлением новой и перемешивание. Весь процесс протекает в едином технологическом цикле на дороге (см. рис. 12.4).

Способ применим при ремонте, когда на покрытии много выбоин, волн, наплывов, а также при необходимости улучшить свойства асфальтобетонной смеси верхнего слоя старого покрытия. Для выбора нового состава смеси с учетом свойств старого асфальтобетона из покрытия берут керны, исследуют смесь, проектируют требуемый состав с учетом имеющихся материалов и вяжущих. Расход новой смеси  $25\text{--}50 \text{ кг/м}^2$

*Термопластификация* отличается от предыдущих способов тем, что добавляют пластификатор в старую смесь в количестве  $0,1\text{--}0,6\%$  массы смеси. При этом новый материал не добавляют, поскольку хорошо восстанавливаются свойства старого асфальтобетона. Термопластификацию

осуществляют теми же машинами, что и термогомогенизацию, оснатив их узлом для введения пластификатора. Толщина обновляемого слоя до  $50 \text{ мм}$ . В качестве пластификатора используют масла нефтяного происхождения с содержанием ароматических углеводородов не менее  $25\%$  по массе. Наиболее доступен пластификатор ренобит, предложенный Гипродорнии. Можно применять экстракты селективной очистки масляных фракций нефти, моторную нефть, зеленое масло.

Во всех случаях минимальную толщину регенерируемого слоя назначают исходя из крупности зерен асфальтобетона:  $20 \text{ мм}$  – для песчаных смесей;  $25 \text{ мм}$  – для щебеночных смесей при крупности зерен до  $15 \text{ мм}$  и  $35 \text{ мм}$  – при крупности зерен до  $20 \text{ мм}$ .

Регенерация со снятием старого асфальтобетона включает три варианта технологии.

1. **Снятие асфальтобетона и горячее перемешивание его в смесителе.** Снятие асфальтобетона можно осуществлять различными способами. Наибольшее распространение получили способы холодного снятия и размельчения, а также нагрева, размельчения и погрузки в транспорт. Соответственно методы получили

название холодного фрезерования и горячего фрезерования.

*Холодное фрезерование* производят специальными машинами (холодными фрезами), которые снимают асфальтобетон без подогрева и размельчают его на требуемые фракции; *горячее фрезерование* – горячими фрезами, впереди которых имеется разогреватель инфракрасного излучения длиной от 1 до 9 м. Снятая холодным или горячим фрезерованием смесь доставляется на АБЗ для повторной горячей переработки.

**2. Снятие асфальтобетона и холодное перемешивание в установках.** Снятие выполняется холодными фрезами. Погруженную смесь доставляют к передвижному смесителю или на АБЗ. Перемешивание производят с добавкой эмульсии. Приготовленную таким образом смесь доставляют к месту укладки.

**3. Снятие асфальтобетона и холодное перемешивание смеси на дороге.** Размельченную холодными фрезами асфальтобетонную смесь собирают в вал или непосредственно на измельченную смесь разливают катионную эмульсию из расчета 1,5–3,5 л/м<sup>2</sup> и перемешивают фрезами или автогрейдерами, далее планируют и уплотняют. Холодной технологии регенерации покрытий в последнее время придают все большее внимание.

Регенерация асфальтобетонных покрытий – весьма перспективный вид ремонта, однако эта технология требует дальнейшего совершенствования. Особенно сложные задачи предстоит решить в части повышения качества восстановленных покрытий. Пока не удается добиться его однородности по вязущему и минеральным материалам, а также по пористости, плотности и другим показателям.

**Ремонт цементобетонных покрытий.** К ремонту цементобетонных покрытий относят замену пришедших в негодность плит, выравнивание просевших стыков на большой протяженности, устройство защитных сло-

ев на участках с поверхностными разрушениями бетона, а также усиление дорожной одежды путем строительства нового цементобетонного или асфальтобетонного покрытия на существующее бетонное покрытие (см. п. 12.4).

В просевших или перекошенных плитах пробивают или просверливают отверстия и нагнетают в основание цементно-песчаный раствор или мелкозернистый цементобетон. При необходимости плиты предварительно поднимают кранами. Для ускоренного ремонта просевших плит, как исключение, укладывают асфальтобетонную смесь.

Поврежденные или разрушенные плиты заменяют с помощью домкратов и кранового оборудования. Удалив разрушенные плиты, новые укладывают на подготовленное и тщательно уплотненное основание. В отдельных случаях бетонируют на месте, используя дорожный бетон марки не ниже бетона существующего покрытия.

За рубежом при ремонте цементобетонных покрытий применяют сборные монолитные элементы различных размеров: от полной толщины плиты 20–25 до 6–8 см. Технология работ сводится к следующему. При больших разрушениях в плитах с помощью алмазных фрез вырезают на полную толщину отдельные куски, стремясь не нарушить основание, и с помощью кранов их удаляют. На основание укладывают тонкий слой (2–3 см) песка или цементного раствора и помещают монолитные железобетонные или бетонные элементы.

На цементобетонных покрытиях, имеющих шелушения и выбоины, чаще всего устраивают двойную поверхностную обработку. При этом лучшие результаты дает применение резинобитумного вяжущего, которое состоит из 85–91% битума БНД60/90 или БНД90/130, 6–10% каменноугольного масла, 3–5% резиновой крошки. Технологический процесс включает: подгрунтовку очищенной поверхности покрытия с отремонтированными трещинами,

ямочностью и сколами разжиженным битумом (каменноугольным маслом, дегтем, мазутом) по норме 0,3–0,4 л/м<sup>2</sup>; первый розлив резинобитумного вяжущего 1,0–1,2 л/м<sup>2</sup> и распределение обработанного битумом щебня фракции 20–25 мм в количестве 20–25 кг/м<sup>2</sup> с последующим уплотнением слоя за два-три прохода легкого катка (5–8 т); второй розлив вяжущего по норме 0,8–0,9 л/м<sup>2</sup> и распределение обработанного щебня фракции 10–15 мм (13–17 кг/м<sup>2</sup>) с последующим уплотнением четырьмя-шестью проходами легкого катка.

Движение автомобилей открывают на следующие сутки с регулированием по ширине покрытия в течение 10–15 дней и ограничением скорости до 40 км/ч.

Защитный слой на небольших по протяженности участках можно устраивать с применением оксидного вяжущего и полимербетонных или эпоксидно-минеральных смесей. За рубежом внедряется новая технология устройства защитных слоев из рулонных полимерных материалов или джутовой ткани. Полимерные ткани имеют формованную шероховатую поверхность с нанесенным на нее дробленным песком. После очистки покрытия наносят полимерный клей и укладывают рулонный материал. Наклеивают его специальной машиной, оборудованной разогревателем инфракрасного нагрева.

Для повышения шероховатости на цементобетонном покрытии нарезают продольные и поперечные канавки шириной 2,5–6 мм, глубиной 4–6 мм через 25–40 мм с помощью фрез, имеющих несколько алмазных дисков. Повысить шероховатость можно путем шлифования поверхности, что по зарубежным данным способствует увеличению сцепных свойств на 50–70%. Фрезеровальные и шлифовальные машины используют также для срезки отдельных бугров, мелких неровностей, при ремонте разрушений стыков, кромок плит.

### 12.3. Способы повышения шероховатости покрытий

В процессе ремонта на покрытия устраивают шероховатые слои, слои износа и защитные слои, функции которых тесно переплетаются. Существует несколько способов повышения шероховатости: устройство поверхностной обработки, втапливание щебня, укладка верхнего слоя из многощебенистого асфальтобетона, шероховатых ковриков износа и др.

*Слои износа* толщиной от 10 до 35 мм, иногда называемые ковриком износа, устраивают там, где дорожная одежда имеет достаточную прочность, но верхний слой покрытия изнашивается и процесс этот нарастает, появились мелкие трещины и выкрашивания. *Защитные слои* толщиной от 0,5 до 15 мм устраивают, когда покрытие имеет достаточную прочность, но оно водонепроницаемое и пористое. Технология устройства этих слоев имеет много общего. Обязательным этапом является предварительная заделка выбоин, заливка трещин, устранение неровностей.

Наиболее распространенный вид ремонта покрытий – *шероховатые поверхностные обработки*, которые устраивают в теплое время года при температуре воздуха выше 5 °С весной и 15 °С осенью. Поверхностную обработку устраивают из щебня, обработанного битумом. Только на дорогах с интенсивностью движения менее 1000 авт./сут допускается необработанный щебень.

Щебень для обработки должен быть из изверженных и метаморфических пород 1-го и 2-го классов прочностью не ниже  $R \geq 100$  МПа и износом при истирании в полочном барабане не более 35%; осадочные породы соответственно  $R \geq 80$  МПа, истираемость не выше 40%. Истираемость дробленого гравия должна быть не выше 30%. Применяют только одномерный щебень узких фракций: 5–10, 10–15, 10–20, 15–20, 20–25 мм. В нем не должно быть

более 15% зерен пластинчатой (лещадной) или игольчатой формы, примеси глины не более 0,7%. Разрешается применять щебень шлаковый доменный и сталеплавильный 1-го и 2-го классов прочности. Выполненные в Гипродорнии исследования показали целесообразность применения в поверхностной обработке разнопрочного щебня, обработанного битумом и содержащего менее прочного щебня не более 50%, например щебень изверженных, метаморфических и осадочных пород с маркой по прочности 600–800, по износу – не более 55% или щебень из гравия марок Др.16 и ДР.20 по дробимости, И-45 и И-55 по износу). Такая обработка позволяет экономить до 45% высокопрочного щебня, обеспечивает лучшие сцепные качества благодаря тому, что слабопрочные частицы изнашиваются быстрее прочных, в результате шероховатость остается почти постоянной во времени.

Из вяжущих применяют битумы марок БНД130/200, БНД90/130 с температурой нагрева и розлива 140–160 °С; жидкие сланцевые битумы марок С20/35, С35/70. Для устройства поверхностной обработки на асфальтобетонных и черных щебеночных (гравийных) покрытиях применяют также битумные эмульсии, а на цементобетонных – резинобитумное вяжущее.

Нормы расхода материалов для одиночной поверхностной обработки с применением каменных материалов, обработанных органическим вяжущим, приведены в табл. 12.1.

Технология устройства поверхностной обработки включает: очистку от пыли и грязи; розлив вяжущего автодронатором ДС-39А; распределение щебня щебнераспределителем Т-224 или другим аналогичным оборудованием; прикатка и уплотнение щебня двумя самоходными катками ДУ-50 – пять-шесть проходов по одному следу.

На сильно загрязненное покрытие после очистки предварительно разливают жидкий битум по нормам

Таблица 12.1

Фракции щебня, мм	Расход щебня, кг/м <sup>2</sup>	Расход битума, л/м <sup>2</sup>	Расход эмульсии (взамен битума), л/м <sup>2</sup>
10–15	15–20	0,5–0,7	1,8–2,0
15–20	20–25	0,7–0,9	2,0–2,4
20–25	25–30	0,9–1,1	2,4–2,6

0,3–0,7 л/м<sup>2</sup>. Основное количество вяжущего разливают на половину проезжей части в один прием без пропусков и разрывов. Затем этот прием выполняют на другой половине покрытия.

Применяют как однократную, так и двукратную россыпь щебня. При устройстве поверхностной обработки с двукратной россыпью щебня расход битума для основного розлива увеличивают до 1,4 л/м<sup>2</sup>. По разлитому битуму распределяют черный щебень фракции 15–25 мм, расходуя его 16–18 кг/м<sup>2</sup>, и немедленно уплотняют катками на пневматическом ходу (четыре-пять проходов). Спустя примерно 15 мин производят вторую россыпь щебня, необработанного битумом, фракции 5–15 мм (расход 6–8 кг/м<sup>2</sup>) и уплотняют за четыре-пять проходов катка по каждому следу со скоростью 2–3 км/ч.

На готовых участках в течение первых 10 сут ограничивают скорость автомобилей 40 км/ч и регулируют движение по ширине проезжей части. Незакрепившийся щебень удаляют с покрытия не позднее 1 сут после открытия движения.

Новая технологическая схема устройства поверхностной обработки разработана специалистами Волжской автомобильной дороги (г. Чебоксары), которые создали машину, выполняющую все технологические операции по устройству поверхностной обработки за один проход (рис. 12.5). Она смонтирована на базе мощного колесного трактора, который движется задним ходом с рабочей скоростью 0,8–1 м/с. Машина включает систему розлива го-

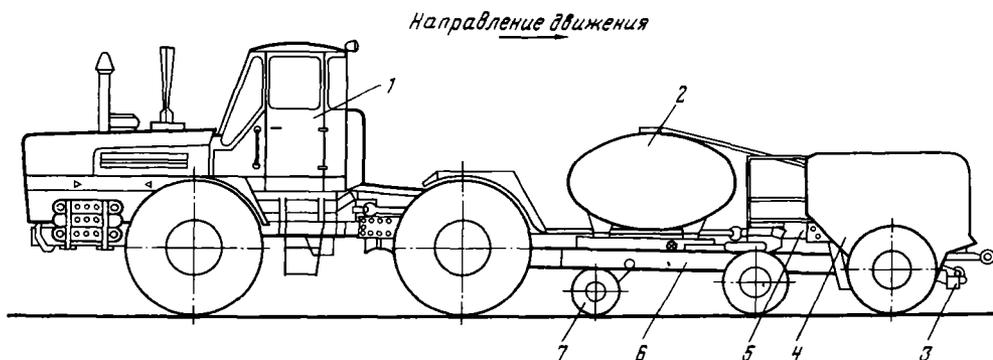


Рис. 12.5. Машина для устройства поверхностной обработки:

1—базовый трактор; 2—битумная емкость; 3—битумораспределитель; 4—бункер-щебнераспределитель; 5—битумный насос; 6—несущая рама; 7—опорно-уплотняющий каток

рячего битума, затем систему распределения щебня, который попадает на горячий битум. Щебень предварительно уплотняется катками, расположенными под рамой прицепной платформы. Вместимость битумной емкости  $2,5 \text{ м}^3$ , что дает возможность вести работу на захватке длиной 1000 м при ширине поверхностной обработки 3,5 м. Производительность увеличивается в 3 раза по сравнению с традиционной технологией.

*Втапливание щебня* в слой мелкозернистого или песчаного асфальтобетона позволяет создать слой износа с высокой шероховатостью. Для втапливания применяют щебень марки по прочности 1000–1200 и по износу И-I или И-II, обработанный органическим вяжущим (1–1,3% массы щебня). Норма расхода щебня зависит от его размера: 5–10 мм—щебня 6–8 кг/м<sup>2</sup>, 10–15 мм—расход 7–10 кг/м<sup>2</sup>, 15–20, 20–25 мм—щебня 9–12 кг/м<sup>2</sup>.

Технология включает: очистку покрытия; розлив жидкого битума (расход  $0,3\text{--}0,5 \text{ л/м}^2$ ) или битумной эмульсии ( $0,5\text{--}0,8 \text{ л/м}^2$ ) автогудронатором ДС-39А; укладку горячей мелкозернистой или песчаной асфальтобетонной смеси слоем 3–4 см и предварительное уплотнение трамбуящим брусом асфальтоукладчика; россыпь щебня; втапливание его за один-два прохода легких катков и затем немедленное уплотнение средними и

тяжелыми катками на пневматических шинах. В результате щебень оказывается погруженным на 0,8–0,9 своей высоты и обжатым со всех сторон асфальтобетоном. Такие слои износа иногда называют построенными по способу «щебень в обойме».

*Слой износа или защитные слои из многощебенистого асфальтобетона или подобранных смесей*, содержащих 60–85% щебня размером 5–15, 5–20 или 5–25 мм, применяют на асфальтобетонных и других черных покрытиях. Холодные смеси укладывают асфальтоукладчиком слоем 1,5–2,5 см и горячие—3–3,5 см.

Для устройства защитных слоев износа применяют литые эмульсионно-минеральные смеси (или битумные шламы). Битумный шлам—смесь литой консистенции, которая состоит из битумной пасты или эмульсии, воды, минерального порошка и дробленого песка (песчаные шламы) или щебня размером до 15 мм (щебеночные шламы). В СССР нашли большее применение пастовые литые эмульсионно-минеральные смеси (ЛЭМС), технология приготовления и укладки которых разработана в Гипродорнии.<sup>1</sup>

Рекомендации по применению битумных шламов для устройства защитных слоев износа на автомобильных дорогах с интенсивным движением. М.: Изд. Гипродорнии, 1982. 59 с.

Битумный шлам получают в стационарных смесителях принудительного действия или в мешалках. Сначала готовят битумную пасту, перемешивая жидкий битум, минеральный порошок и эмульгатор (известь-пушонку), затем добавляют песок (или щебень), воду и после перемешивания образуется битумный шлам жидкой консистенции. В смесь входят битум марки БНД90/130 или БНД60/90 (8–12% по массе), дробленый песок и щебень (50–60%), минеральный порошок (8–15%), известь-пушонка (2–5%), вода (18–25%).

Укладку битумного шлама производят при температуре воздуха не ниже +10 °С и отсутствии дождей. Его транспортируют в емкостях, оборудованных лопастями для перемешивания в пути, чтобы избежать расслаивания.

Технология создания защитного слоя из битумного шлама включает следующие операции: подготовку поверхности покрытия, которая состоит в очистке машиной КДМ-130 и увлажнении водой из расчета 0,5 л/м<sup>2</sup>; установку распределителя битумного шлама в исходное положение, его загрузку из шламовеца ПС-402М и распределение. Распределитель битумного шлама РД-902 представляет собой бездонный ящик с резиновой выглаживающей лентой. Ширина распределения 3,5–3,75 м, толщина слоя 8–16 мм, расход шлама 10–20 кг/м<sup>2</sup>, производительность укладки очень высокая – до 4900 м<sup>2</sup>/смену, т.е. до 7 км покрытия. Движение транспортных средств по слою шлама не разрешается в течение 3–7 сут, пока не испарится вода. После этого 10–20 сут регулируют движение по ширине, чтобы лучше сформировался коврик.

За рубежом широко распространение получил способ slurry-seal (сларри-сил), заключающийся в укладке тонких 5–7-миллиметровых защитных слоев из мелкозернистой асфальтобетонной смеси, приготовленной на катионной битумной эмульсии. Дальнейшим его развитием является способ macro-seal

(макро-сил), который отличается тем, что в составе минеральных материалов использовано больше крупных фракций и модифицированного битумного вяжущего, содержащего полимерные добавки.

Широкое применение в Англии, Франции, Швеции и других странах получило устройство защитных слоев по способу shellgrip (шелгрп). Для приготовления смесей применяют обожженные дробленые бокситы размером 2–3 мм, битум, отвердитель, резину. Вяжущее готовят в мешалке, смешивают сразу два компонента и укладывают из расчета 1,5 л/м<sup>2</sup>. По вяжущему распределяют с помощью распределителя каменный материал. Уплотнение не требуется.

В различных странах в последние годы появилось много видов защитных слоев с использованием высокополимерных добавок к битумам. Большое внимание уделяется устройству защитных слоев с применением битумных эмульсий. Поиск новых видов защитных слоев продолжается.

#### 12.4. Усиление и уширение дорожных одежд

**Усиление дорожной одежды.** Ее можно усилить как без уширения, так и с уширением проезжей части. Уширение чаще всего совмещают с усилением дорожной одежды. Возможны три основных способа повышения ее прочности: строительство нового покрытия на старой дорожной одежде; замена верхнего слоя или всех слоев покрытия с сохранением или с усилением основания; полная замена всей дорожной одежды с учетом перспективы роста интенсивности движения.

Первый способ по сравнению с другими требует меньших первоначальных затрат, но применим он, когда недостаточная прочность дорожной одежды связана с частичной потерей прочности материалов или слоев покрытия. Перед укладкой

слоев устраняют повреждения на старом покрытии (выбоины, трещины) и при необходимости укладывают выравнивающий слой.

На старых гравийных и щебеночных покрытиях (необработанных или обработанных органическим вяжущим) слой целесообразно устраивать из влажных органоминеральных смесей.

На старых дорожных одеждах облегченного типа можно использовать черный щебень прочных пород в горячем или теплом состоянии, с пропиткой битумным шламом на основе битумных паст [50]. Толщину слоя и глубину пропитки назначают в зависимости от требуемой прочности дорожной одежды, при этом минимальная толщина 5 см, максимальная – 10 см.

Для способа пропитки используют мало- или среднепористый битумный шлам типа В (согласно техническим указаниям) с массовой долей зерен крупнее 2 мм в минеральном материале не более 10%. С целью придать битумному шламу требуемую текучесть в него добавляют пластификатор (абиетат натрия, СДБ и др.) – 0,03–0,06% по массе.

Черный щебень укладывают щебне- или асфальтоукладчиком на предварительно очищенное старое покрытие. Уплотняют слой катками на пневматических шинах (6–8 т) за два-три прохода по каждому следу. Сразу после остывания черного щебня разливают битумный шлам (его расход 20–40 кг/м<sup>2</sup>). Для распределения шлама используют навесные распределители к пасторастворовозу ПС-402.

Для усиления асфальтобетонных покрытий необходимо максимально использовать старый асфальтобетон. С этой целью применяют технологию регенерации способами термопрофилирования или удаления. Способ удаления заключается в том, что покрытие разрыхляют на глубину, превышающую толщину верхнего слоя не менее чем на 3 см, а разрыхленный асфальтобетон регенерируют

на месте или используют повторно на другом объекте.

Если усиливают дорожную одежду традиционным способом, поверх старого покрытия укладывают один или несколько слоев асфальтобетона. Однако эксплуатируемые покрытия нуждаются в более тщательной подготовке поверхности, чтобы обеспечить надежный контакт с новым слоем. Старое покрытие очищают с помощью механических щеток и смачивают органическим растворителем (соляровым маслом, керосином) в количестве 0,1–0,15 л/м<sup>2</sup> с помощью краскопульта или распылителя; затем поверхность подготавливают жидким битумом по норме 0,3–0,5 л/м<sup>2</sup>.

При наличии неровностей на старое покрытие прежде необходимо уложить выравнивающий слой. Если глубина неровностей более 5 см, применяют крупнозернистую пористую смесь или щебень, обработанный битумом. При меньшей толщине укладывают мелкозернистую смесь асфальтоукладчиками с последующим уплотнением катками.

Серьезная проблема при строительстве новых слоев асфальтобетона на существующем покрытии – возникновение на новом покрытии так называемых отраженных трещин. Сравнительно тонкие слои асфальтобетона (до 5 см и даже более) уже через год-два воспроизводят трещины и неровности старого покрытия, на котором они уложены. По исследованиям проф. Н. Н. Иванова слой асфальтобетона может сопротивляться образованию трещин от деформаций нижележащего слоя, когда толщина более 12–15 см. Укладка таких слоев требует много асфальтобетона, что чаще всего не требуется для достижения нужной прочности. Чтобы снизить стоимость работ, в этом случае в нижний слой укладывают черный щебень или песчано-щебеночную смесь с добавкой резиновой крошки, обработанную битумом, которые лучше воспринимают деформации нижележащего слоя. Другим вариантом будет укладка на

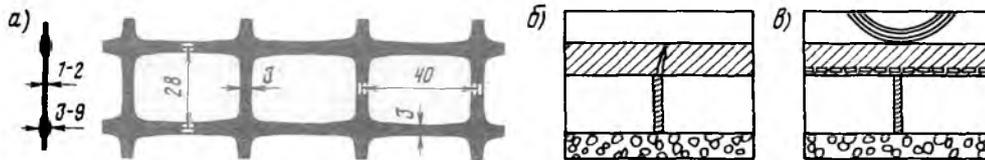


Рис. 12.6. Локализация трещин в дорожной одежде при укладке решетки из синтетического материала:

*a* – общий вид материала Tensar; *б* – дорожная одежда без прокладки; *в* – то же с прокладкой

старое покрытие асфальтобетона, армированного синтетическим материалом. В Англии разработан материал в виде решетки из высокопрочных полимеров, который равномерно распределяет нагрузку на нижележащие слои, воспринимает растягивающие напряжения и локализует развитие трещин (рис. 12.6). Этот материал позволяет экономить до 25% смеси при усилении асфальтобетонных покрытий. Аналогичная конструкция разработана в Хабаровском филиале Гипродорнии.

Второй способ состоит в замене верхнего слоя или всех слоев покрытия с сохранением существующего основания дорожной одежды. Его применяют, если на старом покрытии много повреждений в виде сетки трещин и выбоин, связанных с существенной потерей прочности материала покрытия или его слоев. Кроме того, этот способ целесообразен в тех местах, где нельзя увеличивать толщину покрытия (например, на мостах во избежание снижения их грузоподъемности, в тоннелях или на участках под путепроводами, во избежание уменьшения габаритов по высоте). Асфальтобетонные слои снимают с помощью фрез.

Третий способ предусматривает полную замену всей дорожной одежды. Это может потребоваться при потере прочности материалов или слоев основания, необходимости строительства новых дополнительных слоев основания (дренирующего, теплоизолирующего), а также при исправлении земляного полотна. В каждом случае рекомендуется максимально использовать материал старой дорожной одежды.

**Цементобетонное покрытие** чаще всего усиливают путем укладки одного или нескольких слоев асфальтобетона. Однако чтобы избежать образования трещин, оно должно состоять из нескольких слоев с общей толщиной 9–18 см. Перед укладкой асфальтобетонной смеси швы в цементобетонном покрытии расчищают, заливают битумом и цементным раствором, посыпают песком и для исключения сцепления слоев швы закрывают полиэтиленовой пленкой, бумагой, пропитанной битумом или посыпают тонким слоем песка (0,8–1 см) на ширину 0,5–0,8 м с каждой стороны шва.

Другим вариантом усиления цементобетонных покрытий, обеспечивающим снижение образования трещин, является укладка 4–8-сантиметрового слоя асфальтобетона поверх предварительно проложенной полипропиленовой пленки или нетканых материалов.

За рубежом усиливают прочность и устраняют поверхностные дефекты, укладывая армированный или неармированный бетон (или фибробетон) различной толщины. Слой армируют металлической сеткой с ячейками размером 10 × 30 см и толщиной 7–8 см. Армированные бетонные покрытия обладают преимуществом – они могут быть небольшой толщины.

**Уширение дорожной одежды.** Возможны два варианта: одностороннее (несимметричное) и двустороннее. При одностороннем уширении дорожной одежды, как правило, устраивают выравнивающий слой и новое покрытие на всю ширину проезжей части (рис. 12.7, *a*).

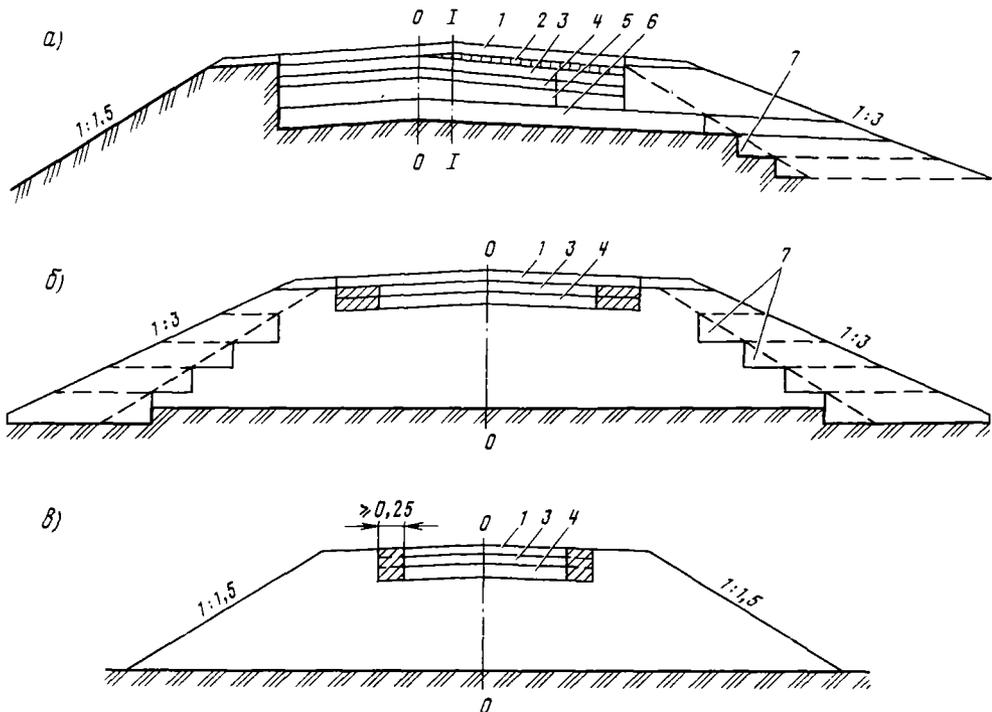


Рис. 12.7. Схемы уширения дорожной одежды:

0-0-старая ось дорожной одежды; 1-1-новая ось; 1-верхний слой нового покрытия; 2-выравнивающий слой; 3-верхний слой старого покрытия и продолжение его на уширении; 4-нижний слой старого покрытия; 5-основание; 6-дополнительный слой основания; 7-уступы

Двустороннее уширение может быть выполнено двумя способами: устройством полос уширения дорожной одежды на уширенном с двух сторон земляном полотне (рис. 12, б), уширение проезжей части на ширину, в 2 раза меньшую ширины обочины, или на ширину краевых укрепленных полос (т.е. с каждой стороны на 0,25–0,75 м) без уширения земляного полотна (рис. 12, в).

В первом случае на обочине вдоль кромки покрытия подготавливают корыто до низа дополнительного слоя основания (дренирующего или морозозащитного). Дну корыта придают поперечный уклон  $30\text{--}120^\circ/\infty$  в сторону обочины, чтобы обеспечить водоотвод из основания. При устройстве полос малой ширины (0,25–0,75 м) применяют траншекопатели и приспособления к машинам, в том числе навесные и прицепные плуги, накладки на отвал

автогрейдера или бульдозера, а также механизмы для уширения проезжей части.

Технологический процесс устройства дорожной одежды на полосах уширения включает обрезку кромки покрытия с помощью дисковых пил, навешиваемых на трактор, послойную отсыпку основания с тщательным уплотнением каждого слоя, строительство покрытия. На полосах уширения при необходимости устраивают поверхностную обработку, захватывая на 0,2–0,3 м прикромочную полосу старого покрытия. Поверхностную обработку целесообразно устраивать сразу на всю ширину, перекрывая старое покрытие и полосы уширения.

Во втором случае после уширения и уплотнения земляного полотна до нижней поверхности дополнительного слоя основания (дренирующего или морозозащитного) отсыпают ма-

териал для уширения основания, затем укладывают и уплотняют его и вровень с ним отсыпают и уплотняют грунт в пределах образуемой новой обочины. После этого укладывают выравнивающий слой (при необходимости), а поверх него новый верхний слой покрытия на всю ширину проезжей части. Затем укрепляют обочины и окончательно отделяют земляное полотно.

## Глава 13

### ЭКСПЛУАТАЦИЯ ДОРОГ В ОСОБЫХ УСЛОВИЯХ

#### 13.1. Особенности эксплуатации дорог в горной местности

На дорогах горной местности дорожная служба, кроме обычных, выполняет целый комплекс специфических работ по содержанию и ремонту дорожной одежды и земляного полотна, защите и расчистке дорог от оползней, осыпей, снежных отложений, лавин, наледей и другие работы.

На крутых спусках и подъемах, особенно в жарком климате, дорожные одежды из-за образования сдвигов не выдерживают нормативные сроки службы. Повышения сдвигоустойчивости покрытий можно достичь традиционными мерами: подбором оптимального гранулометрического состава минеральных материалов, применением вязкого битума и структурообразующих добавок

к нему, устройством покрытий из многощелебнистых асфальтобетонных смесей и т. д.

Для создания сдвигоустойчивых покрытий проф. В. М. Гоглидзе предложил строить полужесткие покрытия, работающие как жесткие (цементобетонные) в горизонтальном направлении и как нежесткие (асфальтобетонные) в вертикальном. Разработано несколько конструктивных решений дорожных одежд полужесткого типа (рис. 13.1).

Отличительный признак этих конструкций – наличие слоя черного щебня, пропитанного цементно-песчаным раствором.

Технология строительства полужесткого покрытия на существующей дорожной одежде включает: укладку щебня, обработанного битумом, слоем не менее 6 см с уплотнением катками; приготовление цементно-песчаного раствора или доставка его с завода, выгрузка и распределение асфальтоукладчиком или автогрейдером из расчета 3,5–4 л/м<sup>2</sup>, вдавливание цементно-песчаного раствора катками на пневматических шинах до появления отдельных зерен щебня; укладка асфальтобетонной смеси примерно через 30 мин по свежeproпитанному раствору слою с уплотнением катками на пневматических шинах, затем катками с гладкими вальцами. Через 2 ч после полного остывания асфальтобетона открывают движение.

Марка цементно-песчаного раствора должна быть не ниже 75 при соотношении цемента и песка (крупностью до 1,25 мм) 1:2–1:4 и во-

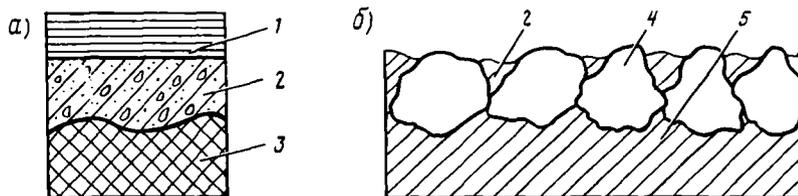


Рис. 13.1. Примеры конструкций полужестких покрытий:

*a* – с асфальтобетонным слоем на старом покрытии; *б* – полужесткое покрытие из крупного щебня; 1 – мелкозернистый плотный асфальтобетон с увеличенным количеством битума (литой асфальтобетон); 2 – жесткая прослойка из щебня, пропитанного песчаным раствором; 3 – старое покрытие; 4 – крупный щебень, обработанный битумом; 5 – грунт, укрепленный цементом или битумом

доцементным отношением 0,5–0,8. Толщина слоя асфальтобетона не менее 30–40 мм.

На участках с большим уклоном (80–120‰) устраивают полужесткое покрытие из крупного щебня размером 80–120 мм, обработанного битумом или битумной мастикой. Технология включает: устройство основания из грунта, укрепленного цементом или жидким битумом; разравнивание крупного черного щебня распределителем щебня или автогрейдером; уплотнения легким, а затем тяжелым катком; разравнивание цементно-песчаного раствора или битумно-песчаного жирного раствора асфальтоукладчиком в объеме, равном объему пустот между щебнем (примерно 60–80 кг/м<sup>2</sup>); вдавливание этого раствора в пустоты между щебнем до появления черного щебня; доуплотнение проезжающими автомобилями.

Кроме традиционных методов повышения шероховатости покрытий в горных условиях, эффективна поверхностная обработка с применением битумной мастики, которая представляет собой слой одномерного щебня, приклеенного к основанию битумной мастикой<sup>1</sup>.

*Защита земляного полотна от размыва* — одна из основных задач эксплуатации долинных участков. Кроме традиционного укрепления откосов и конусов насыпей около водопропускных сооружений из железобетонных плит, блоков, решеток, габионов и других конструкций, для укрепления откосов насыпей и подступающих к дороге берегов рек часто применяют различные виды каменной наброски, которую выполняют после схода паводка<sup>2</sup>.

Различают жесткую и полужесткую каменную наброску (рис. 13.2, а,

б). Жесткая наброска укладывается на скальное ложе прибрежной части, на бетонный фундамент или скальное основание размываемого русла ниже уровня дна водотока.

При полужесткой (самопогружающейся) наброске (рис. 13.2, в, г) нижний ряд камней укладывают непосредственно на прибрежный участок без заглублиения до уровня размыва. По мере размыва дна каменная наброска под собственной массой опускается. Каменную наброску можно укрепить тросами или металлическими сетками. Укладка в металлической сетке необходима в том случае, когда для укрепления нет крупного камня (рис. 13.2, д).

*Для защиты дорог от селей* прибегают к стабилизации селевых русел и задержанию селевых выносов путем устройства одиночных запруд барражей или системы запруд, глубинных наносоуловителей в виде котлованов на пути селевого потока или наносоудерживающих дамб; меры по пропуску селевых потоков над дорогой путем строительства железобетонных лотков; меры по отводу селевого потока в сторону от дороги путем строительства на пути селевого потока отводящих дамб и др.

### **13.2. Защита и расчистка дорог от оползней, обвалов и осыпей, снежных отложений и лавин**

*Для защиты дорог от оползней* в процессе ремонта и содержания регулируют сток поверхностных и грунтовых вод: планируют откосы и склоны, устраивают водоотводные и нагорные канавы, водосбросные лотки, горизонтальный и вертикальный дренажи.

Чтобы повысить устойчивость склонов и противодействовать смещению оползневых масс, создают террасы, удаляют неустойчивые грунты; строят подпорные стены, контрбанкеты и контрфорсы, анкерные конструкции, забивные и бурозабивные сваи; проводят цементацию и силикатизацию грунтов и т. д.

<sup>1</sup> Технические указания по устройству шероховатых покрытий городских дорог по способу поверхностной обработки с применением битумной мастики. Тбилиси, НПО, Груздорнаука, 1980.

<sup>2</sup> Шалаев В. В., Шифран В. А. Содержание горных дорог//Автомобильные дороги. 1985. № 7. С. 19–20.

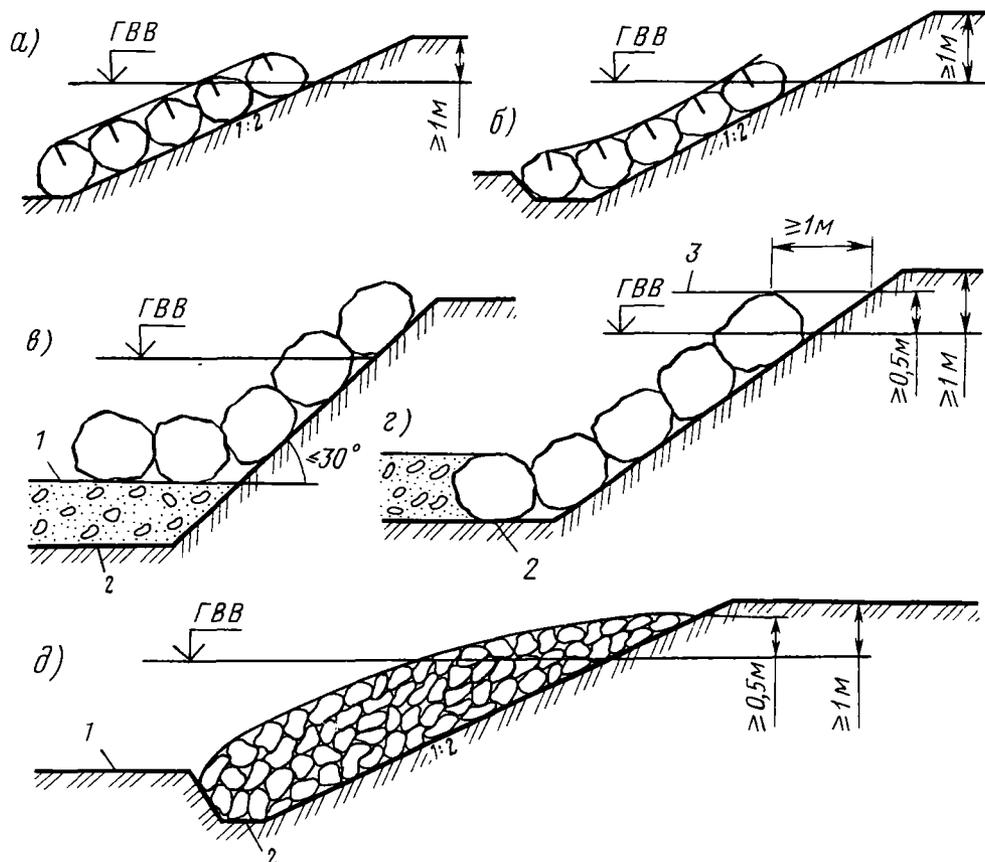


Рис. 13.2. Укрепление откосов насыпей каменной наброской:

*а* - жесткая каменная наброска при русле из скальных пород; *б* - то же при русле с размываемым дном, с заглублением до уровня размыва русла; *в* - первая стадия работы нежесткой самогружающейся каменной наброски; *г* - вторая стадия после подмыва основания; *д* - наброска из мелкого камня, скрепленного металлической сеткой 1 дно русла; 2 - уровень размыва русла; 3 - уровень верха наброски

В оползневой зоне необходим специальный режим выполнения работ по ремонту и содержанию дорог, чтобы исключить причины, способствующие нарушению устойчивости склонов.

Меры по защите от скальных обвалов делят на профилактические и защитные. К профилактическим относят: очистку склонов и откосов с удалением неустойчивых глыб и обломков скального грунта, угрожающих падением; обрушение неустойчивых скальных массивов, которые могут вызвать обвал; уменьшение крутизны откосов и склонов, если она превышает допустимую.

К защитным мерам относят: возведение поддерживающих сооружений из каменной кладки на цемент-

ном растворе, из монолитного или сборного железобетона; закрепление откосов и крупных глыб с помощью анкеров; повышение устойчивости слаботрещиноватых массивов железобетонными сваями; защиту от выветривания склонов и откосов одевающими стенами, обработку подвергающейся выветриванию поверхности защитными материалами или посадкой деревьев, кустарников, посевом трав; устройство улавливающих сооружений и траншей, валов, оградительных стен, сеток и надолб для улавливания небольших обвалов и отдельных обломков; строительство противообвальных галерей и др.

В процессе содержания дорог в горной местности принимают сле-

дующие меры *защиты от осыпей*. Улучшение водоотвода предотвращает излишнее увлажнение осыпи поверхностными и подземными водами. Чтобы избежать этого, перехватывают поверхностные и подземные воды аналогично тому, как это делают на оползневых участках. С верховой стороны прокладывают нагорные и водоотводные канавы, устраивают дренажи.

К числу мер, препятствующих движению осыпи или защищающих от нее дорогу, относят: террасирование склонов, устройство заградительных стен, улавливающих траншей и валов, подпорных стен, установку дощатых щитов и металлических сеток на кольцах. Если осыпь удастся остановить, она начинает постепенно закрепляться. В результате выветривания распадаются крупные обломки, а промежутки между ними заполняются мелкими частицами. Осыпь уплотняется, зарастает травой, а впоследствии кустарником, деревьями и превращается в устойчивую.

Склоны, питающие осыпь обломочным материалом, закрепляют путем создания древесно-кустарниковой и травянистой растительности на склонах, питающих осыпь.

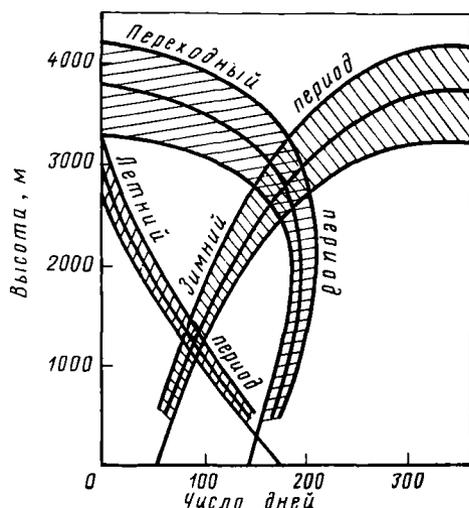


Рис. 13.3. Зависимость продолжительности периодов года от высоты над уровнем моря

Расчистка дорог от грунта, каменного материала и горных пород после схода оползня, обвала или осыпи представляет сложную задачу. Немедленно после схода оползня, обвала или осыпи создают комиссию из числа представителей советских органов, дорожных организаций и специалистов, которая должна обследовать район, установить объемы работ и разработать меры по ликвидации последствий.

Обычно расчистку ведут бульдозерами и экскаваторами. При возможности грунт перемещают в ущелье или вывозят. В теле оползня или обвала могут встречаться крупные камни, которые приходится размельчать взрывами. Расчистка затрудняется также узким фронтом работ, которые ведут обычно с обеих сторон засыпанного участка дороги.

**Зимнее содержание дорог в горной местности.** Сложной задачей эксплуатации дорог является зимнее содержание особенно перевальных участков, которые расположены на большой высоте и, как правило, подвержены сильным снежным заносам и лавинам. Земляное полотно на этих участках обычно устроено в полунасыпях-полувыемках и быстро заносится снегом. Продолжительность зимнего периода на перевальных участках значительно больше, чем на равнинных в том же регионе, и быстро растет с увеличением высоты над уровнем моря (рис. 13.3).

Защиту от снежных заносов перевальных участков осуществляют путем устройства снегопередающих заборов. Снегозадерживающие заборы устанавливают при наличии сравнительно ровных склонов крутизной не более  $30^\circ$  и достаточно широкой полосы отвода. Высота заборов обычно не превышает 3 м. Если этого недостаточно, для задержания снегоприноса устраивают два или три ряда заборов.

Расстояние между заборами и бровкой земляного полотна зависит от скорости и направления господствующего ветра, рельефа местности и колеблется от 15 до 25 высот забора.

Большее расстояние принимают при ветре, направление которого с осью дороги составляет угол, близкий к прямому, и при уклоне местности от забора к дороге. Меньшее расстояние назначают при ветре, направленном под углом к дороге, и относительно ровной прилегающей местности. Если по местным условиям нельзя удалить забор на указанное расстояние, допускается сократить расстояние до 10 высот забора при уменьшении просветности его решетки до  $p = 0,3$ .

В условиях перевальных участков из-за сложности рельефа длина разгона метели обычно недостаточна для ее полного насыщения. Это обстоятельство весьма важно учитывать, выбирая просветные снегозадерживающие заборы. Просветность может колебаться от 0,3 до 0,6. Исходя из этого канд. техн. наук В. А. Лиханов предложил конструкцию сборного забора с регулируемой просветностью для горных условий (рис. 13.4).

Заборы снегопередающего действия пригодны для ограждения полунасыпей-полувьезок и насыпей на косогорах. Они целесообразны на участках, где одновременно соблюдаются два условия: господствующий ветер направлен под углом от 50 до 90° к оси дороги, объем снегопереноса составляет более 300 м<sup>3</sup>/м.

В условиях горной местности высоту снегопередающего забора принимают 6 м, высоту ветронаправляющей панели — 3,9 м, а продуваемого отверстия — 2,1 м. За работой заборов снегопередающего действия надо вести наблюдение в течение зимы. Если с наветренной стороны забора начнут возникать снежные козырьки, которые могут заполнить продуваемый проем, их необходимо срезать, отбрасывая снег за пределы дорожного полотна.

Очистка дорог от снега затруднена наличием большого числа ограждений, парапетов, кривых малого радиуса в плане. На участках, где снег можно сбрасывать под откос с одной стороны дороги, его сдвига-

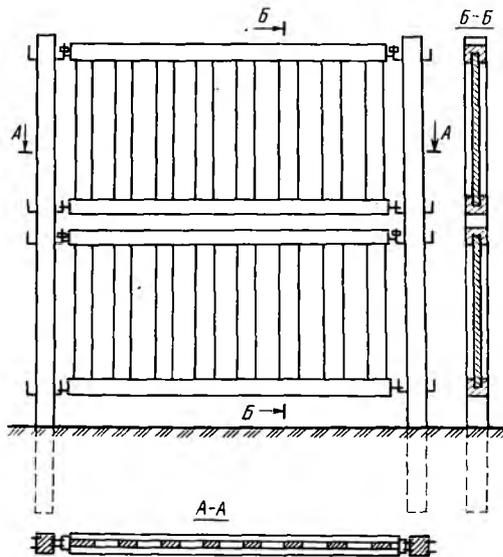


Рис. 13.4. Снегозадерживающий забор с регулируемой просветностью

ют в эту сторону со всей ширины земляного полотна. На участках, где имеются парапеты, нижний слой снега, расположенный ниже верха парапетов, удаляют роторным снегоочистителем.

На серпантинах снег удаляют универсальными бульдозерами со сваливанием снега под откос. Применяя роторные снегоочистители, снежные отложения на серпантинах вви-

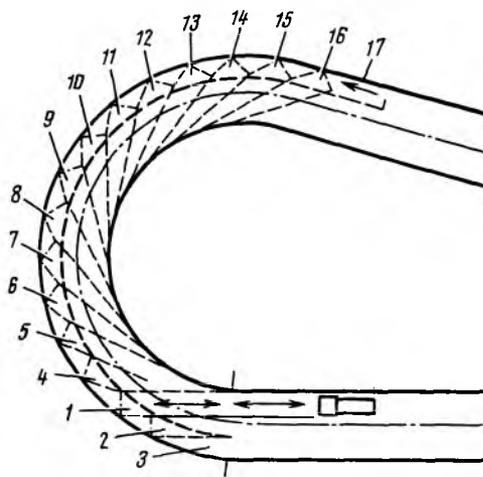


Рис. 13.5. Схема удаления снега на серпантинах:

1-17 — проходы снегоочистителей

**Снегоудерживающие устройства.** Снегоудерживающие противолавинные устройства (щиты и заборы различной конструкции), устанавливаемые на ливноопасных склонах (или в логах), препятствуют соскальзыванию снежного покрова и благодаря этому предотвращают образование лавин. Они могут быть стационарными и подвесными; деревянными (рис. 13.6), железобетонными, металлическими и комбинированными; с жестким и гибким заполнением. Обычно на склоне создают несколько рядов преград непрерывных или с просветами, устроенными в шахматном порядке. Верхний ряд размещают на расстоянии не более 15 м от наиболее высокого положения линии отрыва лавин.

Высота снегоудерживающих устройств

$$H_k = H_p + \Delta H_1, \quad (13.1)$$

где  $H_p$  — расчетная высота снежного покрова, м;  $\Delta H_1$  — запас высоты на случай образования небольших осовов на поверхности снежного покрова около устройства, м.

В качестве расчетной высоты принимают среднюю наибольшую многолетнюю высоту снежного покрова по данным гидрометеослужбы с вероятностью превышения 2% для дорог I—III категорий, для остальных — 5%.  $\Delta H_1$  при ориентировочных расчетах принимают равной 0,3–0,5 м.

В вертикальной плоскости снегоудерживающие устройства должны быть перпендикулярными к поверхности склона. Допускается отклонение от перпендикулярного положения в сторону подножия склона на угол не более  $15^\circ$ .

Террасирование склонов может служить самостоятельным средством, предотвращающим соскальзывание снежного покрова со склонов, имеющих крутизну  $25^\circ$  и меньше. На более крутых склонах террасы применяют как вспомогательное средство при облесении склонов или их застройке снегоудерживающими щитами и заборами.

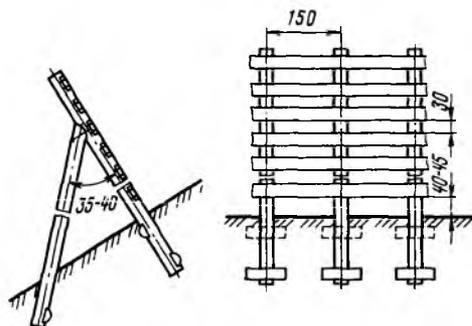


Рис. 13.6. Конструкция деревянного снегоудерживающего забора

ду их малых радиусов разрабатывают короткими отрезками (рис. 13.5).

Уплотненный слой, образующийся на проезжей части, под влиянием проезда автомобилей удаляют автогрейдером или бульдозером. В этих случаях на отвале рекомендуется укреплять зубчатый нож из стали повышенной прочности. Для удаления отступающих небольших снежных гребешков следует делать дополнительные проходы автогрейдера с ножом обычного типа.

Меры борьбы с лавинами можно разделить на две группы: профилактическое обрушение лавин и устройство защитных средств. Профилактическое обрушение лавин осуществляется путем закладки взрывчатых веществ, а также минометным или артиллерийским обстрелом. Взрывание ведут по склону сверху вниз, чтобы ускорить обрушение снежных масс. Достоинство этого метода в том, что лавины обрушиваются в начальной стадии их формирования. Однако при обрушении лавины возможны сходы снега со смежных или противоположных склонов. Кроме того, после схода лавины на дороге образуется снежный завал, нередко значительной протяженности, высота которого может достигать до 20–25 м; снег имеет плотность до  $60\text{--}65 \text{ г/см}^3$  и содержит включения. Расчистка крупных завалов требует большого времени (порой до нескольких суток) и значительной затраты труда и работы снегоочистительных машин.

*Посадка леса* в целях защиты от лавин производится на горных склонах, имеющих достаточный почвенный покров, в пределах естественной границы распространения лесов в данной местности. Лесопосадки должны покрывать весь лавиноопасный склон, начинаясь от вершины и заканчиваясь в 20–30 м от подошвы. Растения на склоне высаживают в шахматном порядке, размещая через 1 м в ряду при расстоянии между рядами 2 м.

*Заборы снеговыдувающего действия* предназначены предотвращать образование снежных карнизов и уменьшать нагрузку на снегоудерживающие сооружения. Заборы устанавливают на гребне склона, располагая так, чтобы нижний край ветронаправляющей панели возвышался над гребнем на 0,5 м. Заборы снеговыдувающего действия, применяемые в противоположных целях, имеют такую же конструкцию, как и снегопередувающие заборы для борьбы со снежными заносами на автомобильных дорогах.

Чтобы уменьшить накопление в лавиносборе снега, подносимого метелями, на подступах к нему устанавливают *снегозадерживающие заборы (или щиты)* такой же конструкции, как заборы для защиты автомобильных дорог от заносов. Снегозадерживающие щиты и заборы применяют в составе комплексной застройки склона, которая, как правило, включает: один или два ряда снегозадерживающих заборов (или щитов) с наветренной стороны на подступах к лавиноопасному склону; снегорегулирующие устройства (обычно снеговыдувающие заборы с кольктафелями или без них) на гребне склона или сразу за гребнем; снегоудерживающие устройства на самом лавиноопасном склоне.

*Кольктафели* представляют собой отдельно стоящие снегорегулирующие устройства, имеющие форму трапеции (рис. 13.7). При обтекании кольктафелей в снежном покрове образуется круглая воронка радиусом от 6 до 10 м (в зависимости от

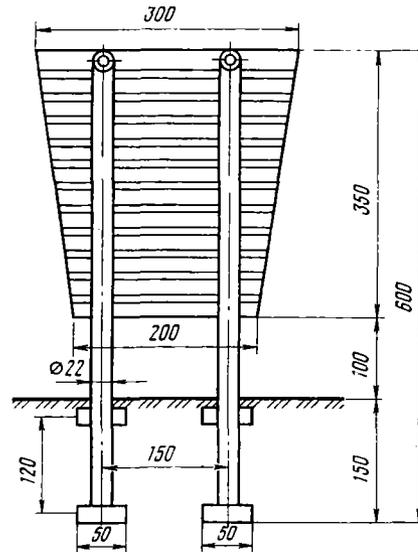


Рис. 13.7. Кольктафель

ширины и высоты самих кольктафелей). Снег внутри воронки уплотнен и сама воронка способствует закреплению снега на склоне. Расстояние в ряду между кольктафелями, установленными на склоне, должно быть от 1,8 до 2 их высот. Применение кольктафелей целесообразно в комплексе со снеговыдувающими заборами. Кольктафели устанавливают на лавиноопасном склоне ниже снеговыдувающих заборов на расстоянии  $2H_k$  от них (где  $H_k$  – высота кольктафеля, м) в один или два ряда с расстоянием 8–10 м между рядами.

*Тормозящие устройства* на пути схода лавин устанавливают для снижения скорости их движения. К ним относят земляные холмы и железобетонные клинья.

*Дамбы и лавинорезы* являются сооружениями, изменяющими движение лавин путем отвода их от защищаемого объекта или останавливающими лавины на пути к защищаемому объекту. К сооружениям первого рода относят лавинорезы и направляющие дамбы, второго рода – отбойные дамбы.

Лавинорез представляет собой треугольное (в плане) сооружение из



Рис. 13.8. Схема расчистки лавинного завала:

1-19 - последовательность проходов

камня или бетона, обращенное режущим ребром навстречу лавине. Лавинорез рассекает лавину и отводит снег, скользящий по его боковым граням, в какой-нибудь лог или овраг. Направляющие дамбы отклоняют движущуюся лавину и направляют ее по новому пути. Если невозможно отвести лавину в сторону, применяют отбойные дамбы, которые располагают перпендикулярно пути движения лавины. Такая дамба должна погасить энергию лавины и задержать переносимый ею снег, не допустив до дороги.

*Галереи* - наиболее надежные, но дорогие сооружения для защиты дорог от лавин. Их строят по индивидуальным проектам с учетом местных особенностей.

Расчистку дорог от снежных лавин выполняют бульдозерами и роторными снегоочистителями на гусеничном ходу. На участках с невысокими насыпями, проходящими по дну долин у подножия склонов, снежные отложения удаляют полойно сверху вниз до дорожного полотна, оставляя уступы высотой 2 м и шириной не менее 1 м.

При большой высоте завалов из соображений техники безопасности нельзя прорезать глубокие траншеи сразу до низа завала. Рекомендуется

снимать слои последовательными проходами на всю ширину полосы расчистки (рис. 13.8).

Завалы в полунасыпях-полувыемках расчищают, перемещая снег в сторону низового откоса. В продольном направлении завалы расчищают роторными снегоочистителями на гусеничном ходу двумя способами. Если завал имеет сравнительно большую длину по протяженности дороги, работа выполняется по схеме, показанной на рис. 13.9, а.

При небольшой длине завала работают без разворотов. Снегоочиститель разрабатывает завал наклонными слоями под возможно большим углом к горизонтальной плоскости (рис. 13.9, б). В том месте, где разрабатываемый слой выходит на поверхность завала, снегоочиститель задним ходом спускается к низу завала, снова заглубляет рабочий орган и опять движется вверх, снимая наклонный слой. Проходами по наклонной с обратным холостым ходом разрабатывается без разворотов весь завал.

При очистке противолавинных галерей снег обваловывают автогрейдером, затем выбрасывают с помощью роторного снегоочистителя. Торцовые участки галерей расчищают с помощью роторных снегоочистителей и бульдозеров. Последние подают снег к роторным снегоочистителям, а также сваливают снег под откос.

Применяя для снегоочистки машины на гусеничном ходу на участках с усовершенствованными покрытиями, рекомендуется для предохранения покрытий оставлять небольшой слой снега (8-10 см), который затем убирают автогрейдером.

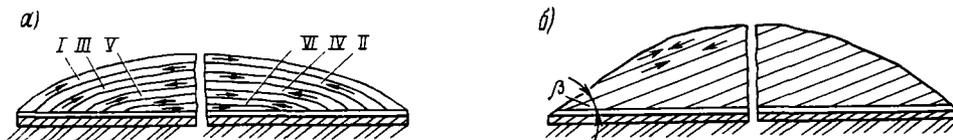


Рис. 13.9. Схема расчистки лавинного завала роторным снегоочистителем:

а - по обертывающей в продольном направлении; б - по наклонной в продольном направлении

I - VII - очередность проходов

### 13.3. Наледи на дорогах и меры борьбы с ними

Наледи на дорогах – льдообразования на проезжей части или земляном полотне в виде бугров. Они вызваны выходом воды на поверхность с последующим промерзанием или замерзанием на каких-либо водоупорах. Мероприятия по борьбе с наледями выбирают, учитывая причины образования наледи, рельеф и грунтово-геологические особенности места их образования, интенсивность движения на дороге и другие факторы.

*Общий дренаж* прилегающей к дороге местности может быть выполнен устройством узких (не более 0,5 м) канав с обкладкой дна и стенок слоями мха или прокладкой подземных дрен.

Мерзлотные пояса (рис. 13.10) устраивают с целью вызвать образование наледи на пути притекающей воды в стороне от дороги на безопасном для нее расстоянии. С этой целью на достаточном расстоянии от дороги роют канаву глубиной 1–2 м и шириной 3–4 м. Под канавой появляется мерзлая перемычка, соединяющаяся с вечной мерзлотой и преграждающая путь грунтовой воде, которая выходит на поверхность и образует наледь. При большом притоке воды делают несколько параллельных мерзлотных поясов на расстоянии от 20 до 80 м один от другого. Мерзлотные пояса в виде канав применяют и для борьбы с речными наледями. Их прокладывают поперек всей речной долины на расстоянии 80–100 м выше моста. Береговые участки мерзлотных поясов делают летом, а зимой прорубают во льду реки канавы, представляющие речную часть пояса. По мере промерзания реки канавы углубляют, создавая в реке ледяную плотину, вызывающую наледь на безопасном расстоянии от моста.

*Заградительные сооружения* – земляные валы и дамбы, заборы, бревенчатые барьеры, переносные щиты,

валы из снега, обледеневающие после того, как они пропитаются водой; их возводят на пути натечных наледей, чтобы не допустить их к дороге или отвести от дороги.

На участках систематического образования наледи устраивают постоянные задерживающие валы высотой 1,2–2 м из недренирующих грунтов, отсыпаемых на освобожденную от растительно-мохового покрова поверхность склона поперек потока воды не ближе 5–6 м от дороги.

При наличии особо развитых наледей в долинах, действующих всю зиму и создающих систематические затруднения в эксплуатации участков, устраивают направляющие валы на поймах из недренирующих грунтов, снабженные на контакте с земляным полотном фильтрующими вставками. Не препятствуя прохождению воды по кювету в теплый период года, такие сооружения после промерзания фильтрующих вставок отжимают поток воды от полотна дороги.

*Подъем насыпей*, по которым проложена дорога, до высоты, превышающей максимально возможную высоту наледи, применяют чаще всего при пересечении водотоков с небольшим продольным уклоном и широкой поймой, по которой вода растекается невысоким слоем.

*Утепление русла водотока* имеет целью воспрепятствовать охлаждению воды, протекающей через искусственные сооружения. Эта мера целесообразна, если водоток имеет узкое и глубокое русло. Над небольшими речками, ручьями или канавами на утепляемом участке русла

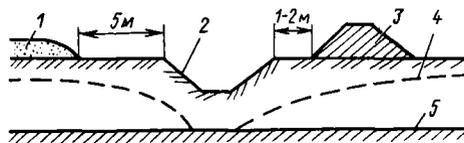


Рис. 13.10. Мерзлотный пояс:

1 – снег; 2 – канава; 3 – грунтово-снежный вал; 4 – граница сезонного промерзания; 5 – водоупор или вечномёрзлый грунт

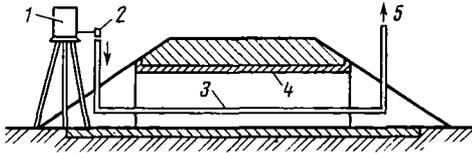


Рис. 13.11. Схема обогрева водопропускных труб:

1 - бак для топлива; 2 - капельница; 3 - обогревательная труба; 4 - водопропускная труба; 5 - отвод газов

укладывают настил из жердей, на который стелят полиэтиленовую пленку или кладут хворост слоем 0,3–0,5 см, а поверх - мох слоем 0,5 м. Все это сверху засыпают снегом.

Длина утепляемого участка 50 м в верхнюю сторону от сооружения и 30–50 м в низовую.

*Углубление, спрямление и расчистку русла водотока* делают, чтобы уменьшить растекание воды, воспрепятствовать замедлению ее течения, придать живому сечению потока форму, менее подверженную промерзанию.

Русло выправляют на протяжении до 1 км вверх по водотоку и до 0,5 км в низовую сторону от искусственного сооружения.

*Обогрев водопропускных труб* (рис. 13.11) для безналедного пропуска водотока применен на автомобильной дороге Большой Невер - Якутск. Внутри водопропускной трубы проложена обогревающая труба, в приемную часть которой подается керосин или дизельное

топливо и там сгорает. Подача жидкого топлива производится из расходного бака через капельницу.

Отходящие газы отдают свое тепло наледной воде, которая благодаря этому не замерзает и свободно проходит через водопропускную трубу.

Когда земляное полотно расположено в полках, эффективным мероприятием является каптажно-дюкерное устройство (рис. 13.12).

При небольшом количестве на дороге круглых железобетонных труб, подверженных воздействию наледей, можно использовать способ оттаивания льда, заполнившего отверстие трубы, с помощью передвижного парообразователя. С этой целью сверху водопропускной трубы укрепляют металлическую загнутую по концам трубу, по которой пропускают горячий пар. Образовавшаяся во льду при паропрогреве небольшая сквозная щель быстро расширяется потоком весенних паводковых вод.

Когда наледь уже вышла на полотно и угрожает нарушить движение автомобилей, скопление льда удаляют. При этом воду, притекающую к полотну (натечная наледь), отводят по открытым каналам, прорубленным непосредственно в наледи. Для предупреждения роста наледных бугров, возникающих в полосе дороги, необходимо периоди-

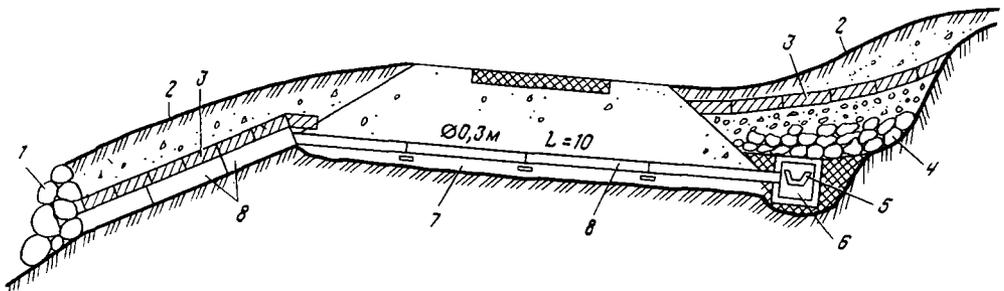


Рис. 13.12. Каптажно-дюкерное устройство:

1 - подпор из крупных камней для утеплительного слоя; 2 - привозной грунт; 3 - утеплительный слой; 4 - фильтр; 5 - арычный лоток; 6 - дюкер; 7 - железобетонная подушка; 8 - водоотводная труба

чески пробивать отверстия в обочке бугра и выпускать наружу накопившуюся воду. Для удаления наледи, вышедшей на поверхность дороги, применяют россыпь твердых хлоридов. Рассыпать соль лучше во второй половине дня, так как в это время наибольшая солнечная радиация, способствующая таянию льда и втапливанию соли в лед. Большую толщину наледного слоя на проезжей части удалить за одну россыпь не удастся. В этом случае рассыпают соль, и когда поверхность льда размягчится, рассыпают щебень, который втапливается в лед и повышает сцепление колеса с поверхностью дороги.

### **13.4. Эксплуатация дорог в районах жаркого климата, поливного и орошаемого земледелия**

Районы жаркого климата характерны продолжительным летним периодом с высокими температурами воздуха (до 45 °С в тени), интенсивной солнечной радиацией (160 тыс. кал/см<sup>2</sup> в год), сильным нагревом поверхности покрытия (до + 76 °С), большой годовой (до 75 °С) и суточной (до 30 °С) амплитудой колебаний температуры воздуха, низкой относительной влажностью, концентрированным выпадением осадков в зимне-весенний период. Преобладающим типом грунтов являются лёссовидные суглинки. На значительной части районов жаркого климата расположены песчаные пустыни с подвижными песками и засоленные грунты. На больших площадях ведется орошаемое и поливное земледелие. В зимне-весенний период года сельскохозяйственные организации промывают засоленные почвы на больших территориях орошения. Обвалованные карты земли заливают водой с расходом 5–6 тыс.м<sup>3</sup> на 1 га. Совпадение промывки почв, повышающей уровень грунтовых вод, с обильными дождями в этот период создают крайне неблагоприятные

условия для работы земляного полотна и дорожных одежд. Поэтому главная задача в обеспечении устойчивости земляного полотна – устранить источники попадания поверхностной воды из оросительных каналов и многочисленных дюкеров, из нарушенных стыков водопропускных труб, пересекающих дорогу. В местах проявления просадок земляного полотна необходимо в первую очередь обеспечить хорошую гидроизоляцию труб, дюкеров, арыков и оросительных каналов. При значительных просадках возможно переустройство земляного полотна с укладкой гидроизолирующих прослоек или возведения насыпи из местных песчано-гравийных материалов.

Одна из причин деформаций асфальтобетонных покрытий – снижение прочности асфальтобетона под воздействием температурных градиентов в летний период. Для повышения прочности и устойчивости дорожных одежд с асфальтобетонным покрытием в районах жаркого климата необходимо строго соблюдать требования к составу минеральной части асфальтобетона и особенно к качеству битума. Эффективны полужесткие покрытия, которые хорошо воспринимают сдвиговые напряжения.

Устройство осветленного покрытия позволяет значительно понизить его температуру.

На дорогах с цементобетонными покрытиями существенной проблемой является коробление плит и их поднятие в самые жаркие часы дня. Для уменьшения деформаций необходимо тщательно следить за швами расширения. От засорения каменными материалами швы перестают выполнять свое назначение. В некоторых случаях эффективным средством борьбы с выпиранием и поднятием плит является устройство поперек всей проезжей части полосы покрытия шириной 1–1,5 м из асфальтобетона. Для этого цементобетонное покрытие вырезают на всю толщину и устраивают асфальтобетонное покрытие, которое работает

как компенсатор. На дорогах с переходными покрытиями главная проблема – борьба с пылью.

В процессе содержания дороги проводят ряд работ по борьбе с песчаными заносами. На песчаных массивах, примыкающих к дороге, во всех случаях выделяют полосу, в которой подлежит охране механическая защита, участки закрепленной поверхности песков, естественная и искусственно посаженная растительность; поверхность песков охраняется от разрыхления. Ширину охраняемой полосы (от 50 до 500 м) в каждую сторону от оси дороги устанавливают с учетом местных условий (рельефа песков, степени их зарастания, вида хозяйственного использования территории, расположения населенных пунктов и т. д.) и по согласованию с местными органами. В пределах охраняемой полосы после строительства дороги запрещены: земляные работы всех видов; движение транспортных средств и прогон скота вне отведенных для этого и обозначенных на местности путей; работы, связанные с уничтожением или повреждением растительности (заготовка топлива, хвороста, сена, посадочного материала, выпас скота и т. д.).

В подвижных песках, рельеф которых сложен одиночными и групповыми барханами, и в массивах сложнobarханных песков, помимо устройства уположенных откосов с наветренной или с обеих сторон земляного полотна (в зависимости от форм рельефа), создают спланированные придорожные полосы, выравнивая на них подвижные формы рельефа, а за их пределами закрепляют подвижные формы рельефа, чтобы предотвратить их перемещение на эти полосы и приближение к дороге. Спланированную полосу рекомендуется создавать шириной от 20 до 50 м и более исходя из размера и форм рельефа, характера движения

песка. Барханы укрывают щитами или матами, благодаря чему она оказывается защищенной от развеивания. Верхняя незащищенная часть продолжает подвергаться развеиванию, а песок сдувается на подветренный склон. С помощью щитов можно управлять движением барханов. Прекращая движение песков можно добиться, закрепляя их растительностью. Закреплению подвергают барханные и слабозаросшие пески, очаги дефляции (котловины выдувания) в полупустынях и заросших песках. Ширина полосы, на которой производят закрепление, составляет от 25 до 150 м и более в зависимости от подвижности песков – чем подвижнее пески, тем шире полоса закрепления. Для закрепления песков используют деревья, кустарники, многолетние и однолетние травы, имеющие развитую корневую систему.

Институт пустынь АН Туркменской ССР разработал усовершенствованные схемы закрепления песков<sup>1</sup>. При пересечении трассой слаборазбитых песков, для которых характерен перенос песка в ветропесчаном потоке, с обеих сторон дороги устраивают фиксированную полосу шириной 10 м путем планировки рельефа с последующим закреплением его поверхности вяжущим материалом.

Эта полоса необходима для создания условий безаккумуляционного переноса песка через дорогу в ветропесчаном потоке. Для предотвращения разрушения поверхности полосы устанавливают знаки, запрещающие съезд на нее автомобилей. Кроме того, в полосе шириной 40 м с обеих сторон дороги необходимо создание узколенточных защит в виде полос шириной 1 м, закрепленных вяжущим, с расстояниями между полосами 2 м. Между полосами осуществляют посадку растений – псаммофитов (саксаул, черкез, кандым) – в

<sup>1</sup> Ли Р. А., Чередниченко В. П. Защита от дефляции и водной эрозии дорог в Низменных Каракумах. // Автомобильные дороги. 1984. № 8. С. 20–21.

количестве 1000 шт. на 1 га (рис. 13.13,а).

В условиях полуразбитых (бархано-бугристых) песков, из которых они могут поступать на проезжую часть не только в виде ветропесчаного потока, но и вследствие передвижения барханных форм, помимо создания обтекаемого профиля дороги и 10-метровой фиксированной полосы, наносят узколенточные защиты на наветренные склоны мелких барханных цепей, затем осуществляют посев и посадку растений. Ширина полосы защит 60 м (рис. 13.13,б).

В барханных песках комплекс пескозащитных мероприятий усложняется. Он включает создание: 10-метровой фиксированной полосы; с наветренной стороны – после частичной планировки рельефа полосы узколенточных защит шириной 40 м, а также 50-метровой полосы этих защит на наветренных склонах барханных цепей; с подветренной стороны – полосы узколенточных защит шириной 40 м на наветренных склонах барханных цепей (рис. 13.13,в).

Для создания узколенточных защит можно использовать в качестве вяжущего отработанное трансформаторное масло в смеси с битумом в соотношении 4 : 1. Кроме того, можно применить госсиполовую смолу (хлопковый гудрон) в смеси с отработанным маслом в соотношениях 1 : 3 и 1 : 5. Расход вяжущих 3 л/м<sup>2</sup>

Пылеватые пески и лессовидные грунты, из которых возводят земляное полотно автомобильных дорог в

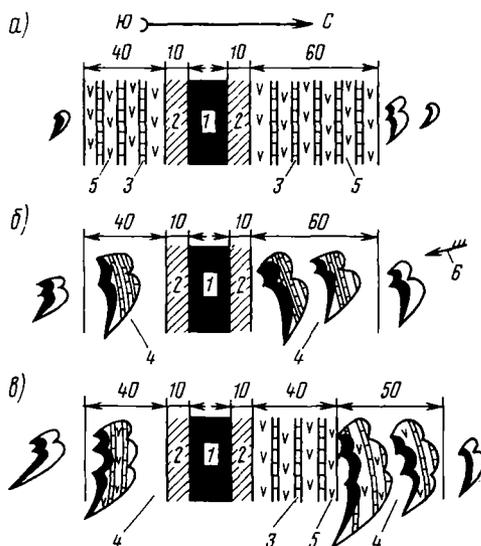


Рис. 13.13. Виды защитных мероприятий при пересечении автомобильной дорогой (расстояния даны в м):

а – слаборазбитые пески; б – полуразбитые пески; в – барханные пески

1 – дорога; 2 – полосы, закрепленные вяжущим; 3 – система узколенточных защит; 4 – узколенточные защиты на наветренных склонах барханных цепей без планировки рельефа; 5 – места посадки растений-псаммофитов; 6 – направление господствующих ветров

пустынных районах, легко подвергаются водной эрозии, в результате земляное полотно размывается дождевыми водами, в весенний и зимний периоды эрозионные деформации образуются в виде сетки мелких бороздок или канавок на обочине и откосах.

Особенно сильной эрозии подвергаются откосы насыпей, профилируемых в процессе эксплуатации (как правило, 2–4 раза в год). Постоян-

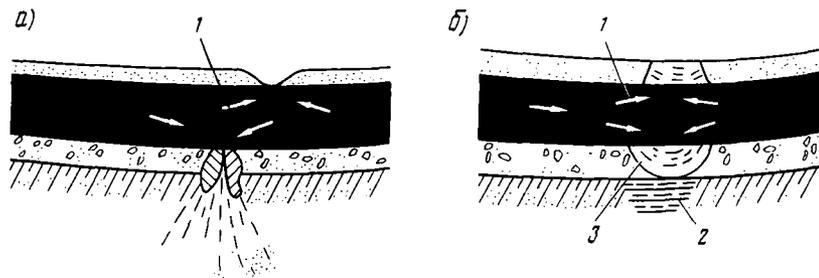


Рис. 13.14. Размыв насыпи:

а – ливневыми водами; б – меры борьбы; 1 – направление водных потоков; 2 – защитный слой из глинистого грунта; 3 – укрепленные лотки

ное профилирование откосов, а также прилегающей к дороге полосы отвода не позволяет сформироваться на их поверхности травяному покрову, что способствует развитию малозаметного на первый взгляд, но опасного поверхностного смыва грунта. Поверхностный смыв с незащищенных растительностью откосов на естественных склонах может достигать 1000 м<sup>3</sup> в год на 1 км дороги в насыпи высотой до 1,5 м. За 10 лет эксплуатации смыва теряется слой толщиной 10–15 см. В летний период, когда грунтовая поверхность пересыхает, начинает действовать процесс ветровой эрозии грунта с незащищенных растительностью откосов и придорожной полосы.

Основной вид борьбы с эрозией земляного полотна – укрепление песка на обочинах и откосах связным грунтом слоем 15 см или оптимальной смесью песка и суглинка или песком, обработанным битумной эмульсией.

Особенно опасны по размыву во-

гнутые кривые в продольном профиле, куда стекает с обеих сторон (рис. 13.14). В таких местах увеличивают толщину защитного слоя грунта и на откосах устраивают лотки для стока ливневых вод в виде железобетонных желобов или лотки укрепляют вяжущими.

Часто ремонтные работы на размывтых участках сводятся к подсыпке грунта бульдозером с придорожной полосы и засыпке промоин щебнем – это временная мера.

Места размывов следует обязательно укрепить.

Везде, где позволяют климатические условия, для укрепления откосов создают покров посевом многолетних трав. В последние годы в ряде районов Средней Азии для этих целей начали высевать житняк на глубину 1,5–2 см на суглинках и до 3 см на более легких грунтах. Норма высева семян 10–20 кг/га.

Посев семян в придорожной полосе ведут зерновыми сеялками, а на откосах – способом гидропосева.

## Глава 14

ОРГАНИЗАЦИЯ И УПРАВЛЕНИЕ  
ДВИЖЕНИЕМ  
НА ЭКСПЛУАТИРУЕМЫХ ДОРОГАХ14.1. Основные методы  
организации дорожного  
движения

**Психофизиологическое восприятие водителем условий движения.** В процессе движения автомобиля по дороге на водителя оказывают непрерывные воздействия внешние раздражители, которые воспринимаются четырьмя (из пяти) органами чувств: зрением воспринимаются дорожно-транспортная обстановка, геометрия дороги и состояние среды; осязанием ощущается кожное механическое давление от колебаний при движении, холод, ветер, тепло; слухом – шум двигателя, подвески и кузова автомобиля, шум от встречных транспортных средств и от трения шин о покрытие; обонянием – запахи от загазованности и запыленности воздуха в салоне автомобиля. Любое воздействие на водителя в зависимости от его интенсивности вызывает различные затраты времени и энергии на его восприятие, переработку и принятие решения. В ответ на воздействия дорожных условий в организме человека развивается система функциональных сдвигов, имеющих важное значение для работы водителя: повышается утомляемость и время реакции, снижается скорость переработки информации. В целом это воздействие можно выразить через информационную за-

грузку и энергозатраты водителя. Таким образом, дорога и среда, воздействуя на водителя, определяют психофизиологические условия его трудовой деятельности. Чем лучше элементы подсистемы Д–С удовлетворяют требованиям водителя, тем выше безопасная скорость движения.

Функциональное состояние водителя – многокомпонентная характеристика, которая определяется активностью психофизиологических функций.

Каждый элемент дороги и среды вызывает у водителя определенное нервно-эмоциональное напряжение, точнее – сдвиг нервного напряжения

$$e_i = K(e_{i1} - e_{i2}), \quad (14.1)$$

где  $K$  – коэффициент преобразования информации в эмоциональное напряжение;  $e_{i1}$  – информация, получаемая водителем при движении от  $i$ -го раздражителя подсистемы С–Д, бит;  $e_{i2}$  – информация – (алгоритм), вырабатываемая центральной нервной системой водителя на основе накопленного жизненного опыта.

При движении автомобиля суммируются элементные напряжения от раздражителей, возникающих в данный момент, и запомненные ситуации в предыдущие моменты

$$I = \sum_{i=1}^n e_i(T); \quad (14.2)$$

где  $I$  – суммарная информационная нагрузка;  $n$  – число раздражителей подсистемы Д–С в некоторый момент времени  $T$ .

Более 90 % информации водитель воспринимает через зрительный анализатор, а решение об изменении

режима движения принимает в зависимости от числа и важности информации. Для характеристики числа факторов, которые водитель способен воспринять в течение 1 с, введено понятие о плотности событий

$$E = Mv/L, \quad (14.3)$$

где  $M$  – число факторов, которые могут быть учтены в пределах зоны концентрации зрения длиной  $L$ , м;  $v$  – скорость движения, м/с.

Как чрезмерная, так и недостаточная плотность событий повышает вероятность нервно-эмоциональной напряженности водителя. В зависимости от четкости восприятия зрение делят на центральное и периферийное. Площадь наиболее четкой видимости заключена в конусе острого зрения, равного  $1,3^\circ$ . При фиксированном положении глаза зрение остается вполне чувствительным внутри конуса в  $5-6^\circ$ , а удовлетворительным – внутри конуса в  $20^\circ$ . Угол острого зрения в горизонтальной плоскости в 1,5–2 раза больше, чем в вертикальной, что необходимо учитывать при размещении дорожных знаков и путевой информации. Водитель четко распознает надписи и изображения на знаках, если они расположены в пределах зрительного конуса с углом  $10^\circ$ . Вне этого конуса он не различает четких деталей или цвета предметов. Зрительное восприятие зависит от скорости движения. Проф. Е. М. Лобанов выделяет зону, в пределах которой находится взгляд водителя в течение 95 % всего времени движения автомобиля и называет ее полем концентрации [14]. Между скоростью, углом зрения и дальностью сосредоточенного внимания существует зависимость:

Скорость, км/ч	40	60	100	140	160
Угол зрения, град	55	43	20	7	5
Дальность сосредоточенного внимания, м	46	180	420	640	720

Зрительное восприятие зависит от освещенности дорог. Неравномерное освещение въездов и выездов из тоннелей, ослепление ярким светом

фар требуют приспособляемости (адаптации) глаз водителя. Значительную часть информации водитель получает от ощущения вибрации и колебания автомобиля, движения рулевого колеса.

Воспринимая и перерабатывая информацию о дорожных условиях и движении транспортных потоков, водитель определяет свое место на дороге и выбирает режим и траекторию движения автомобиля. Состояние дороги и условия движения оказывают большое влияние на усталость водителя, которая увеличивает время реакции, вызывает сонливость. Движение автомобиля по неровной дороге сопровождается вертикальными перемещениями, колебаниями, толчками, которые передаются на водителя и пассажиров, вызывая их перегрузку. Усталость водителя вызывают также монотонное движение, ритмичные эффекты (мелькания), ослепляющий свет.

**Организация дорожного движения.** Комплекс инженерно-технических и организационных мероприятий, направленных на максимальное использование транспортными потоками возможностей, предоставляемых геометрическими параметрами дороги и ее состоянием, включает: ориентирование водителей о направлении движения; разделение потоков на группы автомобилей, следующих с разными скоростями; разделение траекторий движения на сложных участках; обеспечение перехода с одной полосы на другую и т. д. К организации движения относят также информацию о наиболее целесообразных маршрутах и условиях движения.

Основные методы организации движения состоят в разделении потоков на однородные группы транспортных средств и рациональном распределении их по видам, месту и времени, чтобы уменьшить вероятность конфликтов между отдельными типами транспортных средств, а также транспортными средствами, движущимися с различными скоростями и в разных направлениях.

К основным техническим средствам организации движения относят разметку, направляющие устройства, дорожные знаки и указатели, светофоры. К мероприятиям по организации движения относят также и улучшение дорожных условий, которые выполняют в процессе ремонта, улучшение планировки пересечений, устройство дополнительных полос на подъемах, направляющих островков и т. д.

При разделении транспортных потоков по происхождению и назначению учитывают следующие их виды: транзитные по отношению к рассматриваемому району или населенному пункту (непрерывный транзит); потоки из других транспортных районов или населенных пунктов, входящие или поглощаемые в рассматриваемом районе (входящий прерванный транзит); возникающие в рассматриваемом транспортном районе или населенном пункте и предназначенном для другого района или города, так называемое выходящее движение (выходящий прерванный транзит); возникающие и заканчивающиеся в рассматриваемом транспортном районе или городе (внутрирайонное или городское движение).

Для организации непрерывного транзита целесообразнее использовать объездные дороги. При их отсутствии для транзитного движения выделяют подходящие для этой цели малозагруженные участки дорожной и уличной сети, разрабатывают схему непрерывного и прерывного транзита с разделением транспортных потоков по назначению путем установки знаков и разметки дорог и улиц, выбранных для транзита.

Разделение потоков по видам служит эффективным путем уменьшения числа ДТП и транспортных задержек, а также создает возможность более рационального использования дорожной сети различными транспортными средствами и пешеходами. По видам потоки разделяют путем установки знаков, запрещающих движение велосипедистов, трак-

торов, тяжелых грузовых автомобилей, сельскохозяйственной и другой техники по дорогам общего пользования, и светофоров на пересечениях в одном уровне; устройства для пешеходов подземных и надземных переходов, пересечений типа «зебра», пешеходных дорожек и тротуаров или установки светофоров, включаемых пешеходами; пропуска ненормативных грузов, а по возможности и организационных колонн в наименее напряженное для движения время суток и т. д.

Для разделения потоков по уровням строят пересечения с автомобильными и железными дорогами в разных уровнях, надземные и подземные пешеходные переходы. Разделение потоков по направлениям позволяет упорядочить транспортные потоки и выделить для каждого направления движения специальные полосы. С этой целью строят отдельные проезжие части для движения в разных направлениях с разделительной полосой между ними или нанесением сплошных линий разметки, разделительные островки на кривых малых радиусов, канализированные пересечения в одном уровне, направляющие островки или выделяют их разметкой покрытия (рис. 14.1).

Разделение транспортных потоков по скоростям имеет большое значение для повышения удобства и безопасности движения, уменьшая число обгонов. В этих целях при эксплуатации дорог устраивают дополнительные полосы для медленно движущихся автомобилей на подъемах, уширяют проезжую часть и выделяют полосы разгона и торможения на пересечениях и примыканиях дорог, а также у автобусных остановок, ограничивают верхний, нижний или тот и другой предел скорости по отдельным полосам движения, запрещают проезд тихоходных транспортных средств по автомобильным дорогам. Разделение движущихся транспортных средств от стоящих автомобилей осуществляют путем строительства укреплен-

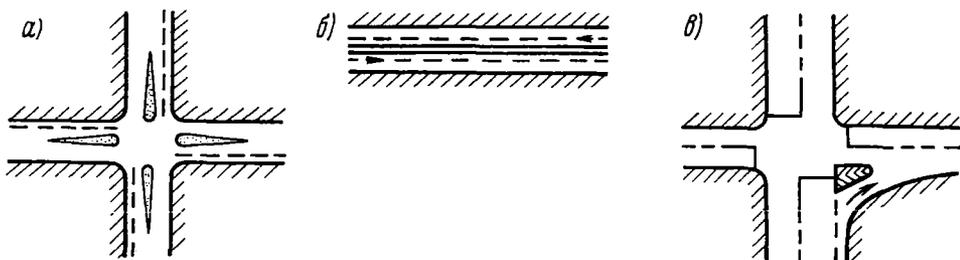


Рис. 14.1. Разделение движения по направлениям:

*а* — направляющие островки и линии разметки на пересекающихся дорогах; *б* — продольная разметка на многополосной проезжей части без разделительной полосы; *в* — выделение разметкой направляющего островка

ной полосы обочины для стоянки и отделения ее разметкой, остановочных площадок около автобусных остановок, пунктов питания и т. д.

Все средства организации движения должны быть понятны водителям, хорошо и четко восприниматься днем, ночью и в сложных условиях погоды. Организация дорожного движения — первая и самая необходимая часть управления дорожным движением, без которой невозможно само управление. Однако она обеспечивает жестко заданные режимы, действующие длительное время, в отличие от собственно управления дорожным движением, которое может обеспечить переменные во времени режимы.

**Организация движения на сложных участках и в неблагоприятные периоды.** К сложным по организации движения участкам относят пересечения и примыкания дорог, населенные пункты, дороги в горной местности. Главная задача на таких участках — разделить потоки по направлениям, скоростям и типам транспортных средств при помощи разметки индивидуальных знаков, направляющих островков и островков безопасности, дополнительных полос движения и т. д. (см. гл. 15).

Условия движения на дорогах существенно изменяются по периодам года. Поэтому разрабатывают специальные схемы движения по периодам года, которые включают схему разметки дороги и расстановки знаков по периодам года, объездов снегозаносимых участков, полу-

чения и передачи метеорологической информации о проезжаемости дороги в сложных условиях погоды и другие сведения о функционировании дороги.

На туманоопасных участках принимают меры к улучшению ориентации водителей. К важнейшим из них относят: направляющие столбики и планки со светоотражающими катафотами или полосами пленки, дорожные знаки и указатели с рефлектирующей поверхностью или подсветкой; специальные сигнальные устройства и световые табло со сменной информацией, предупреждающие о тумане, гололеде, осадках; первоочередную разметку проезжей части; стационарное освещение; осветление покрытий; строительство краевых полос из цветных материалов; шероховатые поверхностные обработки. На этих участках нельзя располагать пересечения, примыкания и автобусные остановки. Если избежать этого нельзя, их нужно устраивать с канализованным движением, чтобы разделить зоны возможных столкновений и наездов на пешеходов.

На ветроопасных участках дорог высоких категорий предусматривают ветрозащитные сооружения (насаждения, заборы, сетки, ограждения, галереи и др.), предупреждающую сигнализацию на подходах к ветроопасным участкам, уширение полос движения с учетом отклонения автомобиля под действием ветра.

На участках дорог I–III категорий, где по данным метеорологичес-

ких справочников или наблюдений ожидается повышенное число случаев гололеда, целесообразно устанавливать автоматические световые табло, предупреждающие водителей о гололеде.

Значительные трудности возникают при организации движения в зимний период. Если нельзя быстро удалить отложения и скользкость, дорожная служба по согласованию с органами ГАИ выставляет предупреждающие и запрещающие дорожные знаки перед началом опасных участков и дублируют их несколько раз на протяженности участка; в случае необходимости организует колонное движение автомобилей с установлением допустимой скорости и дистанции между ними; на крутых подъемах (спусках) пропускает одиночные транспортные средства, концентрируя другие скопившиеся автомобили на безопасном расстоянии от вершины подъема (конца спуска); организует патрульное движение тягачей на опасных участках для транспортировки неисправных транспортных средств к местам ремонта; в период метелей и сильных снегопадов у особо опасных участках (кривых малого радиуса, пересечений и примыканий, искусственных сооружений) выставляет сигнальные огни или временные направляющие столбики; устраивает временные объезды сильнозанесенных участков и поддерживает их в проезжаемом состоянии.

Часто возникает необходимость организовать движение, когда на покрытии имеется неубранный снег, который, уплотняясь, образует снежный накат. Поверхность снежного слоя лучше создавать искусственно, разравнивая и уплотняя слой толщиной 4–6 см. Хорошо уплотненным считается снег, при движении автомобиля по которому на покрытии не остаются колеи глубже 2 см, а допустимой прочностью следует считать такую, когда от прохода расчетного грузового автомобиля колеи не превышают 6 см. Этим показателям соответствует прочность

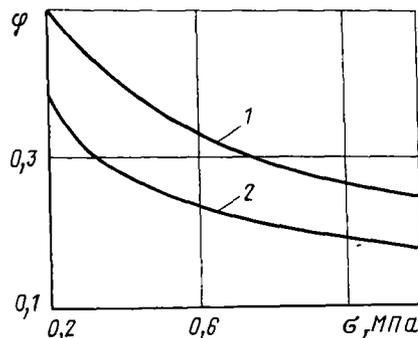


Рис. 14.2. Зависимость коэффициента сцепления от прочности уплотненного снега:

1, 2 — скорость измерения соответственно 40 и 60 км/ч

снега от 0,3 до 0,6 МПа. С увеличением прочности уплотненного снега коэффициент сцепления снижается (рис. 14.2), что необходимо учитывать при эксплуатации дороги. Оптимальная прочность находится в пределах 0,2–0,8 МПа, чему соответствует плотность снега 0,4–0,6 г/см<sup>3</sup>. При низких отрицательных температурах воздуха прочность снега может быть значительно выше 0,8 МПа, а коэффициент сцепления ниже допустимого. В этих случаях для повышения сцепных качеств необходимо на поверхность уплотненного снега наносить насечки ребристыми либо кулачковыми катками или трактором на гусеничном ходу.

С повышением температуры прочность снега уменьшается (рис. 14.3)

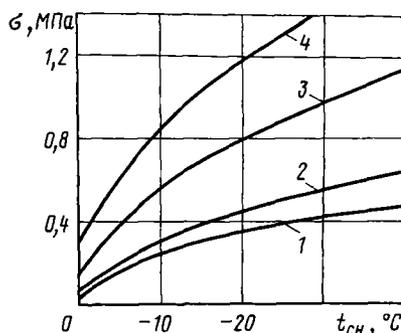


Рис. 14.3. Зависимость прочности от плотности снега и температуры:

1–4 — плотности снега соответственно 0,3; 0,4; 0,5; 0,6 г/см<sup>3</sup>

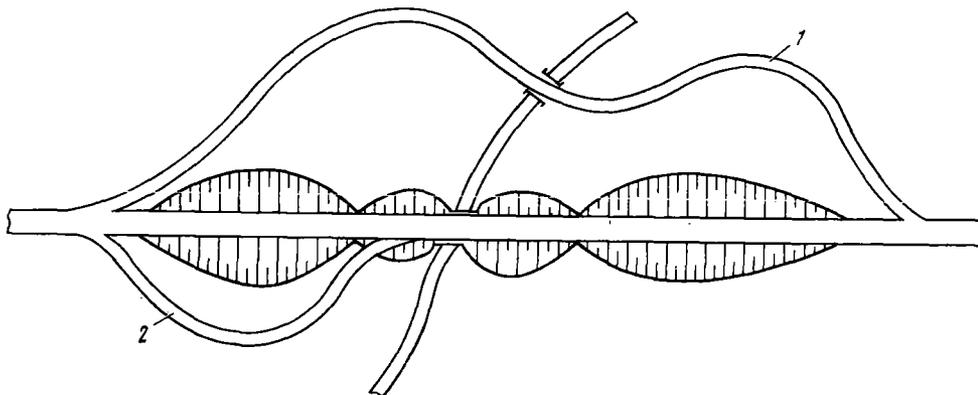


Рис. 14.4. Временные объезды снегозаносимых участков:  
1 – местная старая дорога; 2 – временный объезд

и при температуре около  $0^{\circ}\text{C}$  снеговое покрытие непригодно для движения и должно быть своевременно удалено. Использование снегового покрытия ограничивается датами с устойчивой отрицательной температурой не ниже  $5^{\circ}\text{C}$ . Дороги, оставляемые для эксплуатации с уплотненным снегом, также должны иметь защиту и очищаться от снежных заносов, хотя требования к таким дорогам менее жесткие.

Если по каким-либо причинам снегозаносимость дороги не может быть обеспечена, необходимо еще в осенний период подготовить объезды заносимых участков. Перерывы движения возникают обычно из-за заноса выемок или мелких насыпей на сравнительно коротких участках. Поэтому целесообразно предусмотреть варианты объезда заносимого участка с устройством временных дорог, использованием местных проездов или старых дорог (рис. 14.4).

В некоторых случаях при хорошо развитой дорожной сети можно пойти на закрытие движения зимой по отдельным местным дорогам. Однако для этого необходимо организовать бесперебойное движение по другим дорогам, связывающим населенные пункты.

**Пропуск тяжеловесных и крупногабаритных грузов по дорогам и мостам.** Транспортное средство с грузом или без груза считают *тя-*

*желовесным*, если его осевая нагрузка превышает расчетную соответственно для групп А или Б, или общая масса превышает 52 т для группы А и 34 т для группы Б, а также если его общая масса превышает 30 т при движении по мостам, путепроводам и эстакадам.

Транспортное средство с грузом или без груза считается *крупногабаритным*, если его размеры превышают хотя бы один из следующих показателей: по высоте 3,8 м от поверхности дороги; по ширине 2,5 м; по длине 20 м – для автопоезда с одним прицепом (полуприцепом), 24 м – для автопоезда с двумя и более прицепами, а также если груз выступает за заднюю грань габарита транспортного средства более чем на 2 м.

Перевозка крупногабаритных и тяжеловесных грузов допускается только по специальному разрешению, выдаваемому ГАИ при наличии согласований маршрута движения с дорожными организациями. Перед всеми искусственными сооружениями, рассчитанными на пропуск неконтролируемых грузов с фактической массой менее 30 т, дорожные органы должны устанавливать знаки «Ограничение массы» с указанием размера ограничения.

Тяжеловесные нагрузки разделяют на контролируемые и сверхнормативные [18, 32]. *Контролируемые*

нагрузки могут быть пропущены по мостам и искусственным сооружениям без усиления, но с соблюдением специальных требований к организации их перевозки. Таковую нагрузку пропускают, как правило, посередине моста со скоростью не более 10 км/ч, остановив на время прохода все остальные машины вне пределов моста. *Сверхнормативные* нагрузки могут быть пропущены по дорогам и мостам только после их усиления.

**Порядок сезонных ограничений движения.** Около 80 % протяженности дорог общего пользования имеют одежды, которые рассчитаны на пропуск автомобилей с осевой нагрузкой 60 кН. В процессе эксплуатации на многих участках таких дорог дорожная одежда усилена. Однако на значительной их части весной необходимо ограничивать или прекращать проезд автомобилей с осевой нагрузкой более 60 кН, а на пучинистых участках вообще прекращать движение и переводить его на другие дороги или направлять в объезд.

Для неблагоприятных условий увлажнения и одежд низкой прочности в этот период возможно их деформирование за пределами упругих состояний и разрушение. Поэтому весной необходимо оценивать (прогнозировать) расчетное состояние дорожных одежд. Для этого ежегодно до начала оттаивания грунта дорожная служба должна устанавливать предельные значения состава и интенсивности движения, а также возможные максимальные единичные нагрузки автомобилей на проезжую часть опасных участков. Коэффициент прочности одежд в этот период должен быть  $K_{пр} \geq 0,90$ . Принимая минимально допустимое значение прочности конструкции, равное  $0,9E_{тр}$ , можно по зависимости  $0,9E_{тр} = f(N_{\phi})$  рассчитать максимально возможную (предельную) интенсивность движения автомобилей весной  $N_{пр}$  и далее, зная состав, определить допустимую интенсивность  $N_{д}$ . Если фактическая интен-

сивность  $N_{\phi} > N_{д}$ , необходимо ограничить на период весеннего ослабления дорожной одежды движение тяжелых автомобилей.

Дорожная служба несет полную ответственность за образование трещин, просадок, проломов одежд в тех случаях, когда на участках с  $K_{пр} < 0,9$  не были приняты меры по охране дорог, т.е. по ограничению движения автомобилей повышенной грузоподъемности и скорости. Для дорог местного, областного или республиканского значения решение о закрытии или ограничении движения на конкретных дорогах по представлению и обоснованию дорожных организаций принимает соответственно исполнительный комитет Совета народных депутатов района, области или Совет Министров республики. О принятом решении должны быть оповещены все автотранспортные предприятия и организации, имеющие транспортные средства, а также жители данного региона через газеты, радио и телевидение.

Для правильного определения даты начала ограничения движения применяют стационарные посты контроля температуры грунта земляного полотна, разработанные Саратовским филиалом Гипродорнии<sup>1</sup>

Стационарный пост включает обсадные устройства (зонды), устанавливаемые в дорожную одежду и земляное полотно (рис. 14.5), и переносной измерительный прибор. Зонды размещают вдоль дороги в правой (ближней к обочине) колее на расстоянии 0,5–0,7 м друг от друга.

Замеры начинают, когда дневная температура воздуха весной в течение двух-трех дней уже не опускается ниже 0 °С. По результатам заме-

<sup>1</sup> Методические рекомендации по использованию стационарных постов контроля температуры грунта земляного полотна при проведении мероприятий по ограничению движения автомобилей (Гипродорнии, Саратовский филиал). М.: Изд. ЦБНТИ Минавтодора РСФСР, 1988. 12 с.

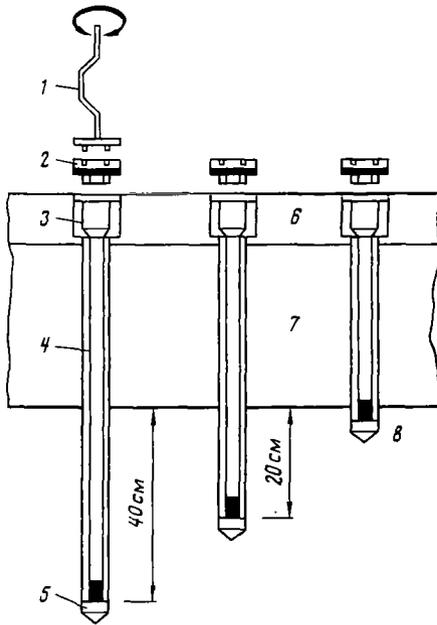


Рис. 14.5. Конструкция и размещение зондов:

1 – ключ; 2 – крышка; 3 – оголовник; 4 – пластиковая трубка; 5 – наконечник с масляной ванной; 6 – покрытие; 7 – основание дорожной одежды; 8 – грунт земляного полотна

ров, проводимых в течение нескольких дней (5–7), строят графики изменения температуры в слоях грунта, основания и покрытия, который позволяет прогнозировать дату достижения грунтом температуры его оттаивания. Установлено, что суглинистые и глинистые грунты оттаивают при температуре 2–4 °С, а супесчаные и песчаные – от 0 до 2 °С. С момента достижения этих температур и вводится ограничение грузового движения.

Для этого на дорогах организуют контрольно-пропускные пункты, оборудованные шлагбаумом, указательными, предупреждающими и предписывающими дорожными знаками, информационными табло, площадкой для контроля веса проезжающих автомобилей. Контролируют нагрузку на колесо автомобиля с помощью переносных гидравлических весов модели КП-205 Минавтодора РСФСР или других аналогичных средств. Контрольно-пропускные

пункты располагают в местах пересечений дорог, удобных для организации объезда транзитного движения.

Участки, на которых движение закрыто совсем, ограждают также барьерами (переносными или непременными), окрашенными в белый цвет с красными полосами. Переклады барьера окрашивают светоотражающими красками или наклеивают на них светоотражающую пленку, оборудуют фонарями с немигающими огнями красного (или темно-желтого) цвета или с автоматическим устройством, обеспечивающим мигание темно-желтого цвета.

Чтобы установить точную дату окончания ограничения, через 10–15 дней после его введения начинают ежедневные измерения прогиба дорожной одежды на контрольной точке в непосредственной близости от стационарного поста. Предварительно расчетным путем устанавливают допустимый прогиб для данной дорожной одежды. Ограничение движения снимают в момент, когда фактический прогиб станет равным или меньше допустимого.

## 14.2. Организация движения с помощью разметки и дорожных знаков, управление движением

**Разметка автомобильных дорог.** Разметка – весьма эффективный способ организации и повышения безопасности движения, который применяют на дорогах с усовершенствованными покрытиями при интенсивности движения более 1000 авт./сут. Разметку выполняют в соответствии с ГОСТ 13508–74 «Разметка дорожная», Указаниями по разметке автомобильных дорог (ВСН 23-75), а также ГОСТ 23457–86 «Технические средства организации дорожного движения. Правила применения». Разметка бывает горизонтальная – ее наносят на поверхность дорожного покрытия, и вертикальная, которую

наносят на дорожное обустройство и сооружения.

Для обеспечения видимости разметку выполняют из материалов белого (в ряде случаев желтого) цвета. На автомобильных магистралях разметка должна обладать световозвращающим свойством. На дорогах с интенсивным движением (более 7000 авт./сут) разметку рекомендуются выполнять износостойкими материалами (термопластик, хладопластик). Из условия безопасности и обеспечения водоотвода разметка не должна выступать над проезжей частью более чем на 6 мм. Во влажном состоянии коэффициент сцепления у разметки должен быть не менее 0,3.

Разметку выполняют сплошными и прерывистыми (пунктирными) линиями. Сплошные линии, нанесенные вдоль проезжей части, запрещается переезжать, прерывистые линии можно переезжать, соблюдая правила движения. Различают следующие основные виды линий.

*Осевая линия* – белая, сплошная или прерывистая; служит для разделения встречных транспортных потоков; ширина осевой линии 0,1 м; длина линии прерывистой разметки обычно в 3 раза короче промежутка между линиями и зависит от скорости движения:

Скорость, км/ч	≤ 60	> 60
Длина линий, м	1-3	3-4
» промежутков, м	3-9	9-12

*Барьерная линия* – белая, сплошная рядом с прерывистой осевой линией, запрещает пересекать пунктирную линию с одной стороны; ширина линии 0,1 м.

*Разделительные линии* – белые, сплошные или прерывистые, служат для образования рядов в движении. В местах, где линии прерывистые, перестроение разрешено, а там, где они сплошные, запрещено; ширина линий 0,1 м.

*Граничные и крайние линии* – белые или желтые, сплошные или пунктирные, ограничивают проезжую часть с краевой стороны или отделяют потоки транспортных средств от пе-

шеходов и велосипедистов; ширина 0,2 м.

*Линии пешеходного перехода* – белые в виде поперечных широких полос (разметка типа «зебра»); ширина линий 0,4 м.

Кроме того, применяют линии поворота, направляющие стрелы, линии островков безопасности, посадочной площадки, запрещения остановки, надписи и стрелы на проезжей части и др. Для большего воздействия линии разметки применяют в комплексе с установкой знаков, дублирующих или дополняющих смысл разметки. Это имеет особое значение для районов с длительным зимним периодом, когда разметка во многом теряет эффективность. Сплошную осевую линию 1.1\* на двухполосных дорогах наносят перед железнодорожными переездами, в местах сужения проезжей части, на участках с ограниченной видимостью и на других опасных участках. Краевую сплошную линию 1.1 наносят, если ширина проезжей части более 6 м.

На прямых горизонтальных участках трехполосных дорог разметку проезжей части надо осуществлять так, чтобы средняя полоса использовалась для обгонов или организации реверсивного движения. В зависимости от интенсивности движения и состава потока обгоны по средней полосе могут быть организованы с помощью разметки без каких-либо ограничений для выезда на среднюю полосу (рис. 14.6,а), с частичным ограничением (рис. 14.6,б) и с попеременным раздельным для каждого направления использованием средней полосы (рис. 14.6,в).

Среднюю полосу целесообразно использовать для организации по ней реверсивного движения, если интенсивность движения, приходящаяся на каждую полосу в час «пик», превышает 500 авт./ч, а суммарная интенсивность в прямом направлении больше, чем во встречном, на 500 авт./ч,

\* Номера линий по ГОСТ 13508-74 «Разметка дорожная».

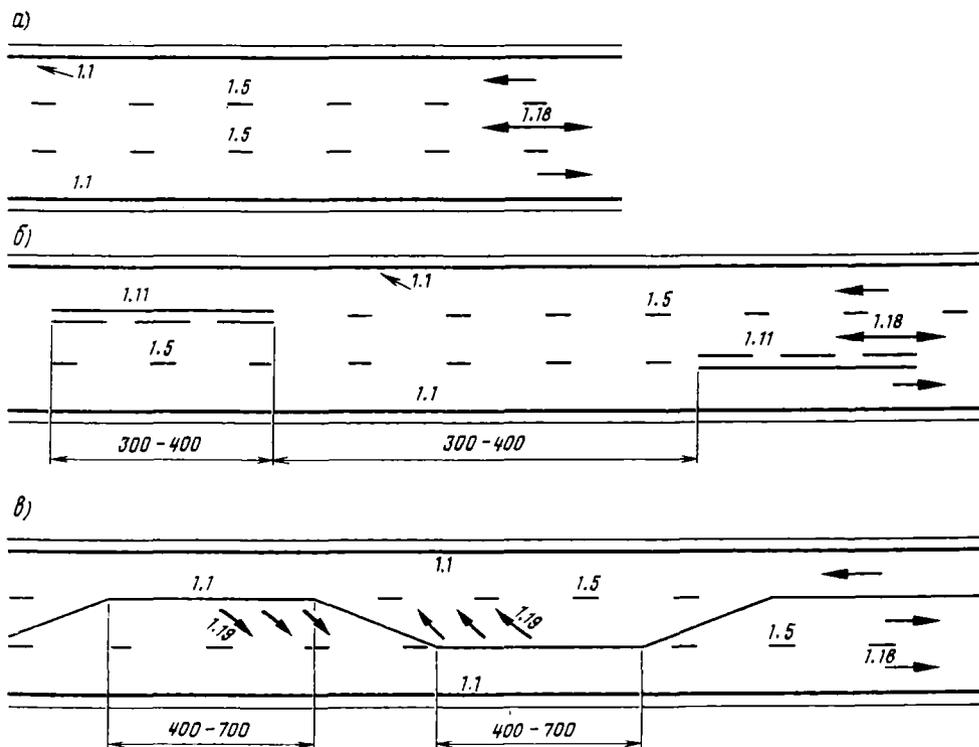


Рис. 14.6. Схемы разметки трехполосных дорог

и эта неравномерность изменяется по направлениям в течение суток или по дням недели регулярно. При наличии реверсивной полосы над ней следует устанавливать светофоры, показывающие разрешенное направление движения.

На прямых горизонтальных участках многополосных дорог с помощью разметки разделяют встречные потоки, нанося по оси проезжей части двойную сплошную линию 1.3 (при отсутствии разделительной полосы), обозначая границы полос пунктирной линией 1.5 и край проезжей части сплошной линией 1.1 или 1.2 (для скоростных дорог).

Схемы разметки на участках с ограниченной видимостью, на подъемах и спусках и других опасных для движения участках назначают с учетом конкретных условий движения (см. гл. 15).

Для разметки дорог используют краски, эмали, пленки, термопласти-

ки, полимерные ленты и другие материалы, которые обладают требуемой белизной, долговечностью, шероховатостью, контрастностью и световозвращающей способностью, влаго- и морозоустойчивостью, малой загрязняемостью. Широко применяют краску ЭП-5155 и термопластик ПЛ-5143. Для разметки можно применять местные материалы (фарфоровую крошку, фаянсовый бой, шлакоситал, халцедон и др.).

Нитропоксидную эмаль и термопластик наносят с помощью разметочных машин. Расход материалов на 1 км сплошной линии шириной 10 см: нитропоксидной эмали – 40 кг, термопластика – 600 кг. Разметку возобновляют, как только износ сплошной линии на участке длиной 20 м составляет 25 % и более по площади, а прерывистой – не менее 50 %, а также при меньшем износе, если невозможно определить вид разметки. Надписи и символы на-

носят с помощью шаблонов и ручных краскораспылителей. Пластбетон распределяют по шаблонам с помощью шпателя.

**Установка дорожных знаков.** Знаки – простое и эффективное средство организации и обеспечения безопасности движения на дорогах всех категорий. Форма, размеры и изображения знаков должны соответствовать ГОСТ 10807–78 «Знаки дорожные». На дорогах знаки устанавливаются в соответствии с ГОСТ 23457–86 «Технические средства организации дорожного движения. Правила применения», а также Указаний по применению дорожных знаков, утвержденных МВД СССР и Минавтодором РСФСР. Все знаки разделены на семь групп: предупреждающие, приоритета, запрещающие, предписывающие, информационно-указательные, сервиса и знаки дополнительной информации (таблички).

Применяют дорожные знаки четырех типоразмеров: малого, которые устанавливают на дорогах V категории; нормального на дорогах с двумя и тремя полосами движения; большого на дорогах с четырьмя и более полосами и на автомобильных магистральных; очень большого на участках ремонтных работ на автомобильных магистральных и опасных участках других дорог.

Размеры сторон (диаметров) знаков колеблются от 600 мм для малого до 1500 мм для очень большого типоразмера знаков. Дорожные знаки устанавливают, возобновляют, ремонтируют и содержат дорожные организации, в ведении которых находятся дороги. Группы знаков, их количество и места установки определяются дислокацией, которую составляют дорожные организации и согласуют с органами ГАИ края, области автономной республики.

Чтобы обеспечить четкое понимание дорожных знаков и исключить случаи их ошибочного толкования, запрещается помещать на знаке или на его стойке обозначения, не имеющие отношения к дорожному знаку; в полосе отвода устанавливать не

относящуюся к дороге информацию, а также плакаты и афиши, которые могут быть приняты за дорожные знаки; устанавливать знаки, не предусмотренные стандартом. Установка каждого знака и прежде всего знаков, вводящих различные ограничения, должна быть обоснована. Общее число знаков на участке должно быть по возможности минимальным. Знаки кратковременного или сезонного действия устанавливают только на тот период, когда они необходимы, и немедленно снимают после устранения причин, вызвавших их установку. Знаки должны быть размещены таким образом, чтобы их видимость в светлое время суток составляла не менее 150 м. В одном поперечном сечении дороги допускается не более трех знаков, без учета дублирующих и знаков дополнительной информации (табличек).

При выборе местоположения знака относительно дороги учитывают ряд требований: знак должен быть в пределах зоны конуса острого зрения, чтобы водитель мог легко распознать его указания; стойки, опоры и постаменты знаков не должны создавать помех для движущихся автомобилей и выполнения работ по ремонту и содержанию дороги; щитки, стойки и опоры должны быть удалены от проезжей части, чтобы уменьшить их загрязнение проходящими автомобилями, и в то же время расположены так, чтобы обеспечить удобный доступ для очистки и ремонта самого знака.

Знаки размещают на опорах, колонках и столбах (мачтах) по горизонтали (что предпочтительно) или по вертикали (один над другим) на тросах-растяжках, рамах и кронштейнах, расположенных над проезжей частью, по горизонтали на одном уровне.

Вне населенных пунктов опоры знаков устанавливают за пределами обочин на бермах, присыпанных к обочине, откосах насыпи, на полосе отвода за боковой канавой или над обочинами (рис. 14.7). Расстояние от

бровки земляного полотна до ближайшего к ней края знака, установленного с боку проезжей части, должно быть от 0,5 до 2 м, а до края знаков предварительного указания направления – от 0,5 до 5 м. На дорогах в горной местности допускается установка опор на обочинах.

На дорогах I и II категорий знаки можно устанавливать над обочиной на Г-образных опорах, над проезжей частью на П-образных опорах, тросах-растяжках. Опоры несущих конструкций надо располагать на берме не ближе 0,5 м от бровки дороги или края разделительной полосы (рис. 14.8).

От нижнего края знака (без учета таблички) до поверхности покрытия (высота установки) должно быть: 1,5–2 м – при установке с боку от дороги вне населенных пунктов; 2–4 м – в населенных пунктах; 5–6 м – при размещении над проезжей частью или обочиной, на пролетных строениях искусственных сооружений, при расстоянии от поверхности покрытия до низа пролетного строения менее 5 м не должны выступать за их нижний край; не менее 0,6 м – при установке на островке безопасности и на проезжей части. Стойки дорожных знаков могут быть из дерева, железобетона, металлических и асбестоцементных труб и других материалов.

**Регулирование скорости и обеспечение пропускной способности.** Регулирование скоростного режима – наиболее распространенный способ организации движения, способствующий повышению экономичности перевозок, безопасности и пропускной способности дороги. Расчетные скорости, на обеспечение которых проектируют дороги, колеблются от 30 км/ч (для дорог V категории на трудных участках дорог в горной местности) до 150 км/ч (для дорог I категории в равнинной местности). Однако в реальных условиях скорость одиночных автомобилей, а тем более транспортных потоков ниже расчетных и изменяется неравномерно на различных участках. Наблюдения показывают, что в среднем скорость транспортного потока составляет 0,6–0,8 от расчетной или максимально обеспеченной. Задача повышения средней скорости транспортного потока может быть решена повышением на всей протяженности максимальной обеспеченной скорости, сокращением размаха скоростей на каждом участке и уменьшением влияния интенсивности и состава транспортного потока на скорость. Повышение и выравнивание скоростей по длине дороги можно достигнуть улучшением ровности и сцепных качеств покрытия, устройством разметки, уширением проезжей части, укрепле-

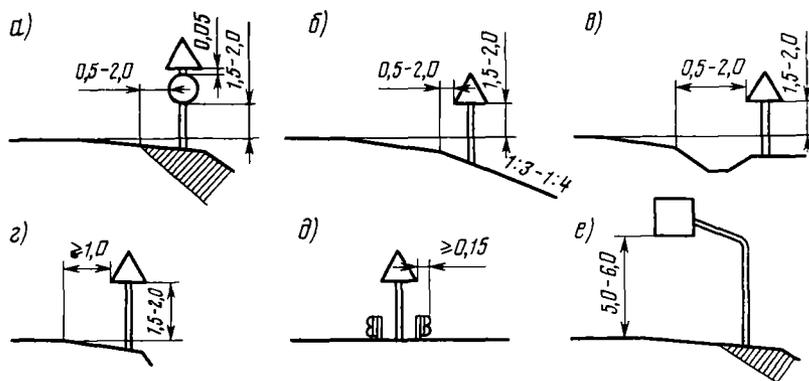


Рис. 14.7. Способы установки знаков на дорогах вне населенных пунктов:

а – на присыпных бермах; б – на откосах насыпи; в – на полосе отвода за боковой канавой; г – на обочине в горных условиях; д – на разделительной полосе с ограждениями; е – над обочинами

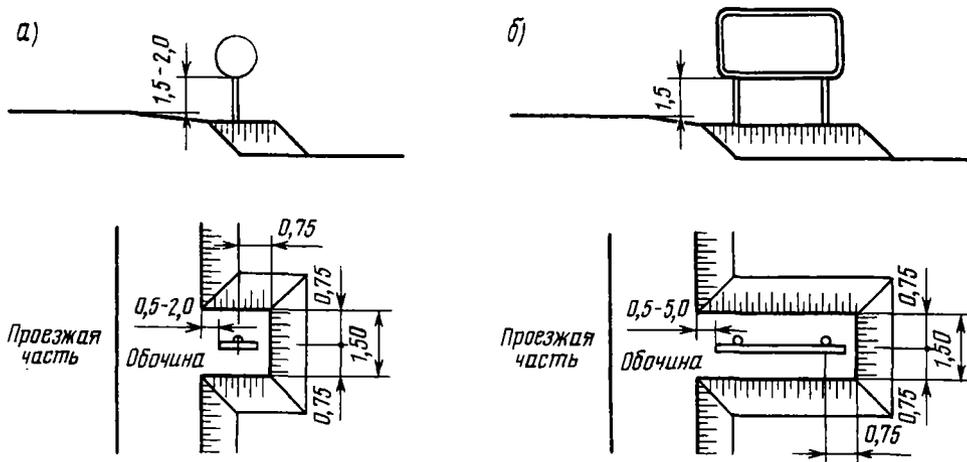


Рис. 14.8. Устройство берм для установки знаков:  
 а – на одной стойке; б – на двух стойках

нием обочин, смягчением продольных уклонов, увеличением радиусов кривых в плане и видимости, другими мероприятиями, входящими в комплекс работ по содержанию и ремонту дорог.

Исходя из условий безопасности движения обычно ограничивают верхние пределы скорости. Ограничение бывает двух видов: повсеместное общее ограничение, устанавливаемое правилами дорожного движения, и местное, вызванное конкретными обстоятельствами, обычно дорожными условиями. Эти ограничения учитывают наличие в транспортном потоке автомобилей разного технического состояния, водителей разной квалификации, часть из которых при более высоких скоростях не может правильно оценить ситуацию и справиться с управлением. Кроме того, ограничения направлены на сокращение амплитуды колебаний скорости в транспортном потоке, что уменьшает внутренние помехи в нем и является важным условием безопасного движения.

Задача повышения пропускной способности методами регулирования скорости возникает на участках дорог I и II категорий в периоды наибольшей загрузки и при неблагоприятных условиях погоды. Анало-

гичная задача возникает для дорог III и IV категорий на подходах к крупным городам. На подавляющей протяженности дорожной сети интенсивность движения значительно ниже пропускной способности.

Скорость регулируют, устанавливая дорожный знак «Ограничение максимальной скорости» совместно с предупреждающим знаком, информирующим о причинах вводимого ограничения. При регулировании скорости необходимо строго обосновать пределы ограничения. Ограничение, не соответствующее реальным условиям движения, наносит ущерб экономичности перевозок, непонятно водителям и большинством не выполняется, что дискредитирует всю работу по организации движения.

Исследования канд. техн. наук М. Б. Афанасьева показали, что за верхний предел ограничения целесообразно принимать скорость транспортного потока 85 %-ной обеспеченности (см. рис. 6.2). Это ограничение близко к оптимальной скорости по условиям обеспечения безопасности движения, что подтверждается зависимостью между вероятностью ДТП и отклонением скорости от средней, полученной американскими специалистами. Установ-

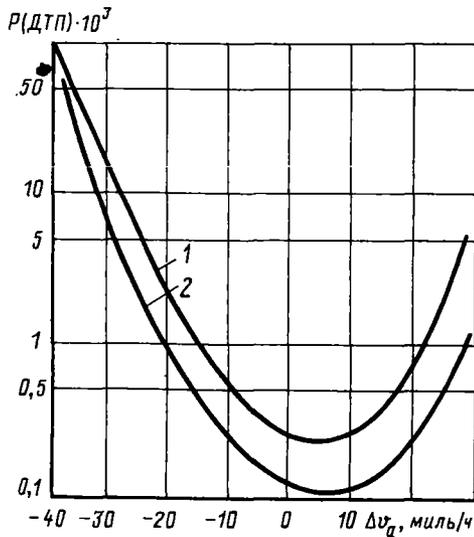


Рис. 14.9. Влияние отклонения скорости автомобиля от средней скорости потока  $\Delta v_d$  на вероятность возникновения ДТП:  
1 - днем; 2 - ночью

лено, что наиболее безопасна скорость, которая больше средней для транспортного потока на 6–8 км/ч (рис. 14.9), что на участках ограничения близко к скорости транспортного потока 85 %-ной обеспеченности.

Необходимо обеспечить плавное изменение скорости по длине дороги. Отношение максимальных скоростей в начале и конце участка не должно превышать в равнинной местности для дорог I и II категорий 0,9, для дорог III категории – 0,8 и для остальных категорий – 0,7, а в пересеченной местности – соответственно 0,8; 0,7 и 0,6.

Перепад снижения скоростей на смежных участках должен быть не более 20 км/ч, а минимальный предел ограничения скорости на дорогах не должен быть ниже 40 км/ч, кроме случаев, когда ограничение вводится на участках со скользким покрытием (гололед, снежный накат), а также на особо опасных участках (например, около школы). Расстояние между знаками должно быть не менее 150–200 м. Скорости с перепадом более 20 км/ч снижают

ступенями, так чтобы водитель плавно снижал скорость с замедлением не более  $0,5 \text{ м/с}^2$ . Ограничение должно действовать только на время действия ограничивающего фактора.

Для повышения пропускной способности может оказаться необходимым как ограничение, так и повышение скорости, что вытекает из зависимости пропускной способности от скорости. Наибольшая пропускная способность для сухого покрытия достигается при скорости около 55 км/ч, 50 км/ч – для мокрого шероховатого, 35–40 км/ч – для снежного наката (см. рис. 6.19). Поэтому с позиций увеличения пропускной способности на участках, где скорость ниже указанных, надо принять меры по обеспечению более высоких скоростей в периоды высокой интенсивности движения.

### 14.3. Автоматизированное управление движением на автомобильных дорогах

**Системы управления, их основные элементы.** Техническое совершенствование и повышение уровня содержания дорог значительно сокращают колебания их транспортно-эксплуатационных качеств во времени под действием движущихся транспортных средств и погодно-климатических факторов, но не могут исключить полностью. Эти колебания вместе с изменениями интенсивности движения и метеорологических условий приводят к изменению режимов движения, образованию заторов и повышению аварийности в отдельные периоды года и суток.

Следовательно, для обеспечения удобного и безопасного движения необходимо иметь гибкую систему управления движением, прогнозировать его возможные режимы и задавать оптимальные. Конечная цель управления дорожным движением – повысить экономическую эффективность перевозок, безопас-

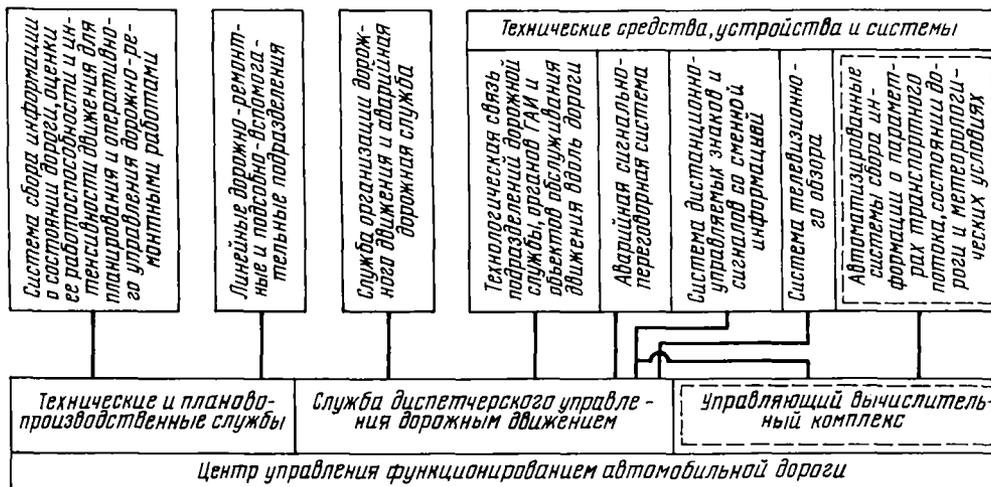


Рис. 14.10. Структурная схема системы управления функционированием автомобильной дороги (пунктиром выделены блоки, необходимые при автоматизированном управлении)

ность, скорость и пропускную способность.

Процесс управления дорожным движением с позиций кибернетики состоит из четырех основных этапов: оценки системы, т.е. получения исходной информации о параметрах комплекса ВАДС; анализа информации и выработки управляющих мероприятий, решений и указаний; реализации принятых решений; контроля за состоянием системы (за выходными параметрами), чтобы определить дальнейшие действия.

На уровне оперативного (текущего) управления осуществляется: постоянный контроль за состоянием дорог и метеорологических условий; за параметрами транспортного потока и обстановки на дороге; выработка оптимальных режимов движения как в целом по дороге, так и по ее отдельным участкам; информация водителей об этих режимах через управляемые знаки, светофоры, табло, радио и контроль за выполнением выдаваемых команд; выявление и обнаружение мест ДТП, заторов, повреждений дорог и искусственных сооружений, обеспечение нормальных условий движения на этих участках, а также ликвидация последствий ДТП и других опасных ситуа-

ций с использованием всех ресурсов дорожной службы.

На этом уровне занято наибольшее число людей и ресурсов, используется много технических средств, наиболее целесообразно внедрять современные методы автоматизации процессов управления движением.

Организация и управление движением — составная часть функционирования дороги (рис. 14.10), они возможны только на основе глубокого знания состояния дороги и искусственных сооружений, особенностей ее работы в различные периоды года и в сложных погодных условиях, ресурсов и возможностей дорожной службы.

Различный технический уровень автомобильных дорог, уровни их загрузки, климатические особенности района расположения и другие факторы обуславливают необходимость разработки и применения различных систем управления движением.

По сложности, решаемым задачам и применяемым техническим средствам системы управления могут быть классифицированы следующим образом [4]:

1. Простые системы, обеспечивающие управление движением на отдельных участках с применением до-

рожных знаков и указателей с постоянной и сменной информацией, а также световых табло с местным управлением. Применяют на дорогах I–III категорий при интенсивности движения до 7000 авт./сут.

2. Сложные линейные системы диспетчерского управления движением, которые также управляют дорожной аварийной службой и службой зимнего содержания. В состав систем входят дорожные знаки и светофоры с дистанционным управлением, средства телевизионного обзора опасных участков, телефонная и радиосвязь, линия энергоснабжения. Применяют на дорогах I и II категорий с интенсивностью движения более 7000 авт./сут.

3. Сложные сетевые системы, которые координируют управление движением на сети дорог крупного транспортного узла, оперативно управляют дорожной аварийной службой и службой зимнего содержания дорог. В состав технических средств входят управляемые дорожные знаки, сигналы и светофоры на основных узлах с местным или дистанционным управлением, несколько управляющих пунктов, оборудованных средствами связи для обмена информацией.

4. Локальные системы автоматизированного управления движением на отдельных участках, в тоннелях, на крупных мостах, на реверсивной полосе, въездах, съездах и т.д. В состав технических средств входит система дистанционно управляемых знаков и светофоров, система вентиляции и освещения, телевизионный обзор и пульт управления, линии связи.

5. Системы автоматизированного регулирования и управления на автомобильных магистралях (системы типа АРДАМ), которые позволяют обеспечивать оптимальный режим движения вдоль магистрали, координированное управление на въездах и съездах, реверсивное движение, оперативное управление дорожной аварийной службой и службой текущего и зимнего содержания.

Такие системы применяют на дорогах I категории с интенсивностью более 20 000 авт./сут.

6. Автоматизированные системы управления движением на сети дорог (АСУР СД) крупного транспортного узла или области. Имеют в своем составе те же средства, что и система АРДАМ. Однако управление движением в этом случае осуществляется исходя из стратегии, обеспечивающей наиболее эффективное функционирование (загрузку) сети дорог в целом, либо выбора рекомендуемого маршрута.

Создание системы управления движением может идти этапами, путем разработки и внедрения отдельных подсистем и элементов, при разработке и внедрении которых необходимо выполнить два основных требования: каждая подсистема должна решать самостоятельную задачу в общей задаче управления движением и функционированием дороги; подсистемы должны разрабатываться с учетом возможности их включения с наименьшими переделками в полную систему, которую можно получить внедрением ее подсистем в следующей очередности: создать службу организации движения, аварийную дорожную службу и службу оперативного управления текущим и зимним содержанием; провести технологическую линию связи и внедрить систему автоматизированного учета движения; построить систему сигнально-переговорной связи для вызова медицинской и технической помощи, центрального диспетчерского пункта и оборудовать дорогу автономными автомобильными и дистанционно управляемыми знаками и сигналами, создать центр управления; установить на сложных участках телевизионные установки и оснастить центр управления установками приема изображения; создать единую систему автоматизированного управления движением с установкой в координационно-вычислительном центре управляющей ЭВМ, мнемосхемы дороги и всего остального оборудования.

В реальных условиях могут быть другие пути внедрения современных технических средств и систем управления. Например, на дорогах Киевского узла внедрены элементы системы диспетчерского управления с использованием сигнально-вызывных колонок.

**Технические средства управления.** Системы автоматизированного управления движением различного уровня находят все более широкое применение на автомобильных магистралях США, ФРГ, Японии, Франции и многих стран мира. Первая в СССР система автоматизированного регулирования движения на автомобильной магистрали (система АРДАМ) разработана в Гипродорнии [4]. Комплекс технических средств для этой системы разработан бывшим СКВ Промавтоматики (г. Омск), институтом Мосгортранспроект и др. Основная задача системы АРДАМ – сбор, анализ и переработка информации об условиях движения на дороге, выбор на этой основе целесообразных режимов движения и их обеспечение путем выдачи соответствующих команд на управляемые знаки и сигналы, а так-

же указаний службам содержания и аварийной.

Объектами управления в системе (рис. 14.11) является транспортный поток на магистрали ТПМ, транспортные потоки на въездах ТПВ и состояние поверхности проезжей части и обочин АМ. Средствами управления служат управляемые знаки и светофоры на основной магистрали и на въездах УЗНМ и УЗНВ, технические средства и ресурсы аварийной дорожной службы и службы зимнего содержания ДС.

АРДАМ состоит из систем и сбора информации о транспортном потоке на основной магистрали ИТПМ и на въездах на автомобильную магистраль ИТПВ, о состоянии автомобильной магистрали ИАМ, о деятельности патрульной и аварийной дорожной службы ИДС, о метеорологических условиях ИС; системы телевизионного обзора ТВ и сигнально-переговорных вызывных колонок СВК, линий технологической связи и электроснабжения; управляющего вычислительного комплекса УВК, включающего блок логического контроля БЛК, пульта управления ПУ, включающего рабочие места опера-

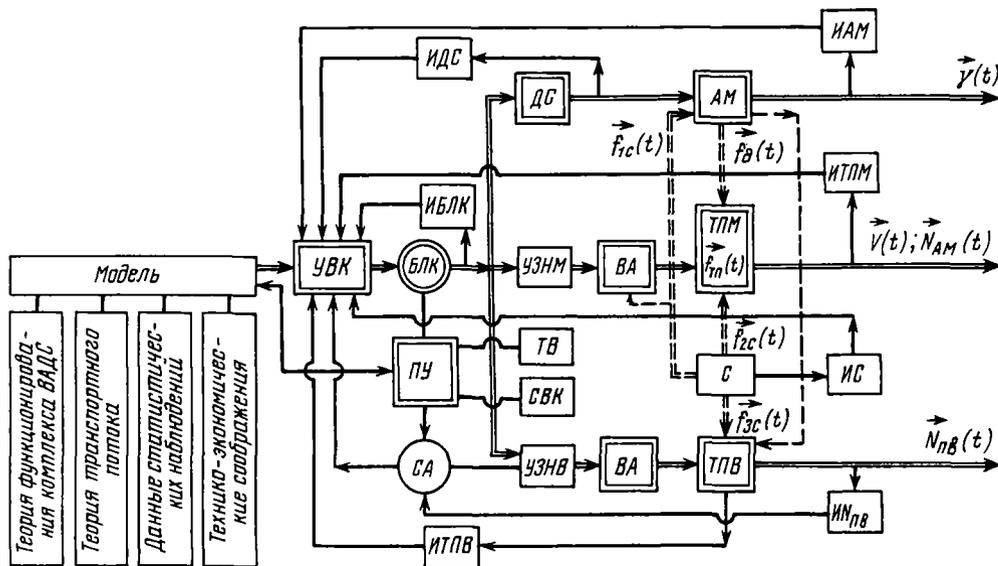


Рис. 14.11. Структурная схема автоматизированной системы управления дорожным движением

торов, мнемосхему и телевизионные экраны; управляемых многопозиционных знаков на магистрали УЗНМ и на въездах на нее УЗНВ.

Основной узел системы АРДАМ – управляющий вычислительный комплекс УВК, в который входят пульт контроля и дистанционного управления движением, вычислительный комплекс, устройства приема и передачи сигналов. В УВК поступает вся информация от трех основных информационных систем. Координационно-вычислительный центр в соответствии с разработанными математическими моделями управления системой ДУ–ТП, алгоритмами и программами ведет переработку поступающей информации и решает главную задачу – определяет оптимальные скорости на всех полосах контролируемой магистрали с учетом влияющих факторов в данный момент. Помимо скорости движения, центр решает вопрос об отклонении транспортных потоков на второстепенные дороги, регулирования съездов на контролируемую магистраль, запрещения обгонов и т. д.

Результаты решения формируются УВК в специальные коды и передаются в систему оповещения водителей. Управляемые знаки и табло, а в дальнейшем и радио информируют водителей о допустимой скорости и рядности движения, о возможности маневра обгона, об опасных изменениях метеорологических условий (гололеде, тумане, боковом ветре, препятствиях и т. д.). Управляющий вычислительный комплекс комплектуется из серийно выпускаемых ЭВМ с использованием дополнительных модулей, средств вычислительной техники.

Ввиду существенного влияния погодноклиматических факторов на состояние дороги и режим движения в системе АРДАМ предусмотрено несколько передвижных дорожных лабораторий (ПДЛ), снабженных измерительной аппаратурой. Применение передвижных лабораторий обусловлено тем, что стационарными датчиками невозможно контро-

лировать по всей магистрали такие параметры, как коэффициент сцепления, ровность, наличие снежных отложений и гололеда, другие метеорологические факторы.

В состав периферийных технических средств системы АРДАМ входит ряд специализированных устройств, разработанных для этой системы, и устройства из серийных средств управления дорожным движением АСС–УД. Из состава АСС–УД используются: дорожные контролеры для переключения позиций управляемого указателя направлений и управляемого указателя скорости; детекторы транспортных средств различных типов, чтобы определять прохождение или присутствие транспортной единицы в контролируемой зоне, время прохождения участка заданной длины, состав транспортного потока; периферийное устройство обмена информацией и ряд других устройств. Специально для системы АРДАМ разработаны дорожный контролер управления въездом, выносной пульт управления, указатель скорости, управляемый указатель направлений.

Работу всей системы контролирует оператор с пульта управления ПУ, который при необходимости может взять управление на себя и в обход УВК управлять УЗНМ, УЗНВ и ДС.

Мнемосхема (рис. 14.12) схематически изображает магистраль с размещением на ней индикаторов; на схеме предусматривают места для размещения телевизионных экранов, куда поступает информация с элементов магистрали, включенных в систему телевизионного обзора (в первую очередь с развязок). Информация о всех прошедших БЛК командах и указаниях ИБЛК поступает в УВК для запоминания и хранения. Эта информация играет также роль обратной связи между БЛК и УВК.

**Особенности организации движения в автоматизированных системах управления.** Особенности применяемых в системах автоматизированного дви-

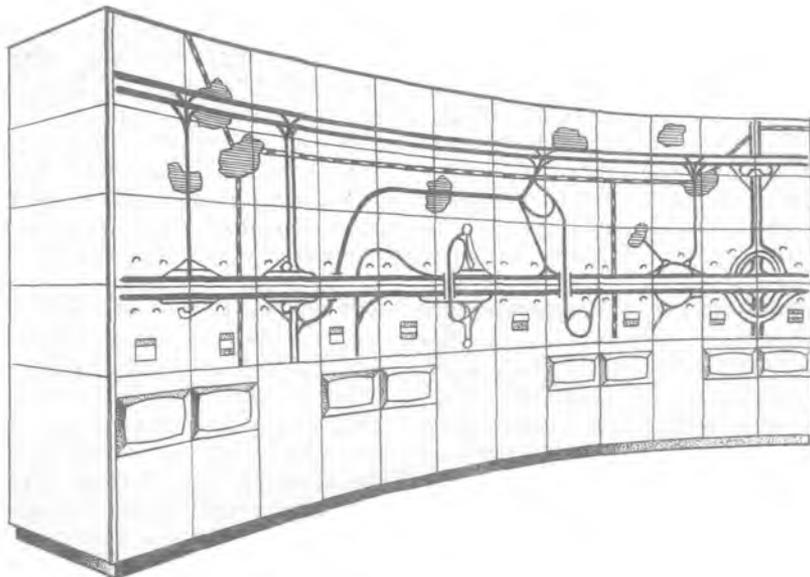


Рис. 14.12. Мнемосхема системы АРДАМ

жения знаков состоит в том, что они имеют увеличенные размеры и значительная часть их способна изменять информацию. Размеры стороны треугольника предупреждающих знаков, устанавливаемых сбоку полос движения, составляют 1,2 м, а диаметр запрещающих и предписывающих — 0,9 м. В то же время размеры знаков, располагаемых над полосами, могут быть меньше, чем предусмотрено ГОСТ 10807–78. Линии разметки, обозначающие край проезжей части, в 2 раза шире, чем на обычных дорогах, т. е. 0,2 м вместо 0,1 м. Размеры штрихов и разрывы между ними у линий разметки принимают максимальными.

На автомобильной магистрали, оборудованной системой автоматизированного управления, применяют светофоры двух типов. Для регулирования движения по полосам применяют светофор, показывающий зеленую стрелку, направленную на полосу разрешенного движения, или красный крест, означающий запрещение движения по полосе, над которой этот светофор расположен. Регулирование работы въездов осуществляют обычными трехсекционными светофорами.

В целях упорядочения движения по магистрали транспортный поток при помощи управляемых дорожных знаков, расположенных над каждой

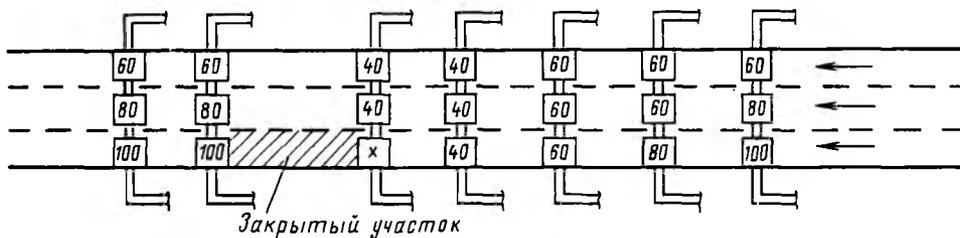


Рис. 14.13. Схема организации движения при закрытии участка полосы движения



воряющее требованиям движения; на организацию движения; на транспортный поток и режим движения.

Наиболее эффективные управляющие воздействия: рекомендованные скорости по участкам магистрали и полосам движения, разрешение или запрещение смены полос, назначение режимов регулирования въездов, указания дорожной службе и т. д.

В основу управления дорожным движением на магистрали могут быть приняты два стратегических положения:

а) повышение средней скорости, пропускной способности и безопасности движения;

б) перераспределение транспортных потоков на сеть прилегающих дорог. Оптимальное управление на одном участке может оказаться неоптимальным для других участков, поэтому, выбирая стратегию управления, необходимо рассматривать координированный набор управлений для автомобильной магистрали в целом или для крупных участков, т. е. осуществляют так называемое программное управление. Задача нахождения на каждом шаге управления оптимального набора решений, параметров и команд – главная в системе управления. За шаг или интервал принимают отрезок времени, в течение которого управляющие параметры не меняются.

Важный момент при определении стратегии управления движением – выбор критериев регулирования, т. е. основных показателей работы системы, которые должны быть главными в определенных условиях. Во многих системах автоматизированного регулирования движения за основной критерий принимают минимум времени нахождения автомобиля в системе. Однако указанный критерий не единственный в процессе регулирования движения на автомобильной магистрали.

В час «пик», когда уровень загрузки выше оптимального, в нормальных условиях движения критерием регулирования будет пропускная способность, поэтому и режим дви-

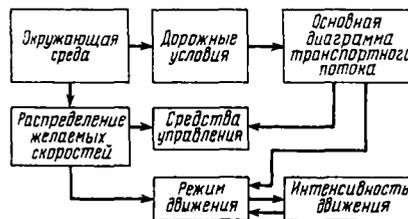


Рис. 14.15. Схема внутренних связей в системе ДУ-ТП

жения как на дороге в целом, так и на отдельных полосах (и прежде всего скорость) назначают исходя из обеспечения максимальной пропускной способности дороги. Соответственно устанавливают ограничения на въезд на магистраль как по количеству, так и по составу автомобилей.

Второй случай, когда уровень загрузки ниже оптимального, движение на дороге свободное, а условия движения благоприятные. Здесь критерием регулирования принимают минимум времени нахождения автомобиля в системе и скорость назначают максимально допустимой для каждой полосы движения и типа автомобиля; ограничения на въездах отсутствуют.

Третий случай, когда критерием регулирования служат требования обеспечить безопасность движения, применяют при неблагоприятных погодных-климатических факторах и ночью. Скорость может быть и ниже, чем необходимо для обеспечения минимума нахождения автомобиля в системе или максимальной пропускной способности дороги. В этом случае могут быть также наложены ограничения на въезд автомобилей на магистраль как по количеству, так и по составу.

Важнейший этап разработки стратегии управления – формирование математической модели транспортного потока, находящегося под воздействием дорожных и метеорологических условий и средств управления, которая должна адекватно описывать внутренние связи в системе ДУ-ТП (рис. 14.15). При разработке математической модели управ-

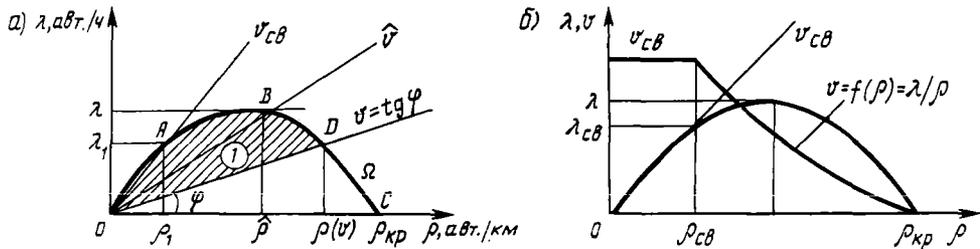


Рис. 14.16. Диаграмма транспортного потока:  
 а - основная; б - связь с производной диаграммой; I - опасная зона при  $v_{доп} = v = \text{tg}\varphi$

ляемого транспортного потока исходят из того, что взаимодействие системы ДУ-ТП может быть описано основной диаграммой транспортного потока, которая связывает водино дорожные и метеорологические условия, средства управления и режимы движения транспортного потока, т.е. входные и выходные параметры комплекса ВАДС.

Основная диаграмма транспортного потока подразумевается как множество возможных при данных дорожных и метеорологических условиях состояний транспортного потока, т.е. троек параметров:

$\lambda$  - интенсивность,  $\rho$  - плотность,  $v$  - скорость потока

$$\lambda = \rho v. \quad (14.4)$$

Распределение желаемых скоростей автомобилей определяется составом движения, эксплуатационными характеристиками автомобилей и психофизиологическим состоянием водителей. Желаемая скорость не связана с определенным участком дороги, а характеризует возможности автомобиля и намерения водителя. В зависимости от распределения желаемых скоростей и указаний, данных средствами управления, формируется один из допустимых в рамках данной диаграммы режимов движения на данном участке магистрали. Режим движения характеризуется плотностью потока на участке и функций распределения фактических, т.е. вынужденных, скоростей.

Рассматривая основную диаграмму транспортного потока (рис. 14.16) как множество сочетаний парамет-

ром  $\{\lambda, \rho, v\}$ , отметим, что граница области допустимых состояний  $\Omega$  может быть задана функцией  $\lambda = \lambda(\rho)$ . Тогда сама эта область будет обозначаться  $\text{int}\Omega$ . Касательная к кривой  $\Omega$  в нуле задает скорость свободного движения в тех условиях, для которых построена диаграмма

$$v_{св} = \lim_{\rho \rightarrow 0} \frac{\lambda(\rho)}{\rho} = \lambda'(0). \quad (14.5)$$

Значение  $\rho \neq 0$ , для которого  $\lambda(\rho) = 0$  (точка C), представляет собой критическую плотность потока. Проекция точки пересечения  $\Omega$  с прямой  $v = \text{const}$  (точка D) на ось абсцисс - максимальная плотность потока  $\rho(v)$ , для которой данная скорость хотя бы теоретически может быть достигнута.

Горизонтальную касательную к кривой  $\Omega$  в точке B обычно трактуют как линию уровня теоретической пропускной способности. Это истолкование правильно лишь в том случае, когда функция распределения желаемых и фактических скоростей сосредоточена в интервале  $v > \hat{v}$ . Если желаемые или фактические скорости сосредоточены ниже  $\hat{v}$ , например перевозка негабаритных грузов, ограничение скорости из-за неровности покрытия и др., пропускная способность не может быть достигнута даже теоретически.

Обычно диаграмма изображается как огибающая точек плотности и интенсивности при средних скоростях транспортного потока. Однако фактические скорости даже при эта-

лонном состоянии дороги и метеорологических условий колеблются в широких пределах, но чем больше плотность, тем меньше размах колебаний. Это свойство объясняет еще одну особенность транспортного потока; при наличии какого-либо ограничения по скорости или плотности не исключается возможность движения со скоростями или плотностями выше (или ниже) установленных пределов. Например, если скорость ограничена до  $v = \operatorname{tg} \varphi$ , то отдельные автомобили могут двигаться с большей скоростью, хотя и допускают риск. В этом случае на основной диаграмме можно определить опасную зону или зону возможных превышений установленных ограничений.

Кроме основной может быть построена производная диаграмма транспортного потока, которая представляет собой график скорости при данной плотности  $\rho$  (рис. 14.16, б). Если основная диаграмма задана функцией  $\lambda = \lambda(\rho)$ , то производная диаграмма – функцией

$$v(\rho) = \lambda(\rho)/\rho. \quad (14.6)$$

Таким образом, производная диаграмма  $v - \rho$  выражает характер изменения скорости при изменении плотности в данных условиях движения.

Дорожные условия воздействуют не только на скорость свободного движения: такие факторы, как сужение проезжей части, ухудшение сцепления и др., изменяют все множество состояний транспортного потока, т. е. изменяют форму основной диаграммы транспортного потока. Установлено [4, 5], что каждому состоянию дороги и метеорологических условий соответствуют свои оптимальные значения основных параметров в рамках основной диаграммы транспортного потока, т. е. в каждом случае происходит деформация основной диаграммы транспортного потока, вследствие чего существенно сокращается число допустимых сочетаний параметров функционирования системы ДУ–ТП

(троек  $\lambda, \rho, v$ ). При этом могут быть выделены два основных вида деформации основной диаграммы транспортного потока (рис. 14.17):

деформация происходит вследствие ограничения каким-либо фактором скорости при отсутствии ограничений по плотности. Ее можно назвать деформацией по скорости. При этом площадь основной диаграммы транспортного потока, построенной для эталонных условий на данном участке, сокращается слева и сверху. Деформации по скорости наиболее вероятны при сокращении ширины проезжей части и укрепленных обочин, ухудшении ровности покрытия и увеличении сопротивления движению при воздействии ветра:

деформация по скорости и плотности. В этом случае под воздействием одного или более факторов происходит одновременное снижение допустимой или фактической скорости и увеличение интервалов между автомобилями. Площадь основной диаграммы ограничивается слева, сверху и справа. Этот вид деформации наиболее распространен и вероятен при снижении коэффициента сцепления во время дождя, снегопада, метели, гололеда, тумана и других метеорологических явлений, а также при их сочетаниях.

Таким образом, на одном и том же участке может наблюдаться множество состояний основной диаграммы транспортного потока и множество значений выходных параметров системы ДУ–ТП.

Основываясь на законе сохранения числа автомобилей и основной диаграмме транспортного потока, можно в общем виде записать дифференциальное уравнение вектора плотности транспортного потока

$$d\rho/dt = A(v, \rho) + D(P, \rho, v) + B(f), \quad (14.7)$$

где  $v$  – вектор скоростей по участкам магистрали;  $P$  – матрица смен полос движения;  $f$  – вектор интенсивности на въездах;  $A$  – оператор, характеризующий перераспределение потока на магистрали

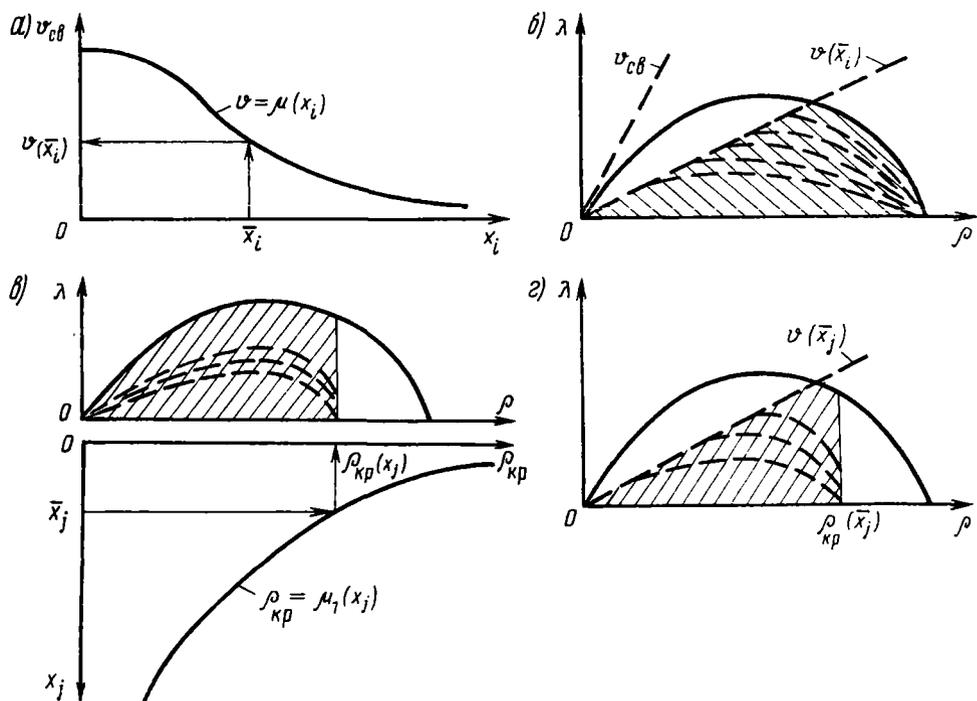


Рис. 14.17. Деформации основной диаграммы транспортного потока:

$a$  – скорость свободного движения  $v = \mu(x_i)$ ;  $б$  – деформация по скорости;  $в$  – то же по скорости и плотности

то же

ли;  $D$  – оператор, характеризующий поперечное перестроение потока, т.е. смену полос и выходы на съезды;  $B$  – оператор въездов на магистраль.

Эта математическая модель положена в основу алгоритма управления дорожным движением в системе АРДАМ [4, 37]. Суть управления состоит в том, что на основании информации, поступающей каждую секунду от датчиков интенсивности, плотности и скорости движения и дискретно о состоянии дороги и метеорологических условиях, координационно-вычислительный центр выдает команды о рекомендуемых режимах движения на каждом участке и по каждой полосе автомобильной магистрали, которые реализуются через управляемые знаки и системы.

Транспортный поток дифференцируется по скоростям на каждой полосе, производится дросселирование скоростей вдоль магистрали, закрытие ее отдельных полос или участков

и т.д. На пересечениях и примыканиях производится организованный и дозированный впуск автомобилей с примыкающих дорог.

## Глава 15

### ПОВЫШЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ И УДОБСТВА ДВИЖЕНИЯ СРЕДСТВАМИ ДОРОЖНОЙ СЛУЖБЫ

#### 15.1. Анализ причин дорожно-транспортных происшествий и меры, повышающие безопасность движения

Дорожная служба ведет систематический учет и анализ дорожно-транспортных происшествий. Подлежат учету все ДТП, повлекшие гибель или телесные повреждения людей либо повреждение транспортных средств, грузов, дорог, дорожных сооружений или иного имущества

ва, возникшие на обслуживаемых участках дорог или улиц.

Дорожная служба регистрирует ДТП в специальном линейном журнале, составляемом для каждой дороги. Журнал заполняют по данным ГАИ и дополнительным сведениям, собранным дорожной организацией. Не реже одного раза в месяц сверяют имеющиеся у них данные о ДТП с данными органов внутренних дел. Особое внимание уделяют ДТП, возникновению которых способствовали неудовлетворительные дорожные условия (см. п. 1.1). О каждом таком происшествии с пострадавшими не позднее 24 ч с момента получения сообщения делают доклад по подчиненности автодорам, автомобильным дорогам (по телефону, радио, телеграфу, телетайпу), а затем направляют уточненное письменное донесение. Сведения о наиболее серьезных и повлекших тяжелые последствия ДТП сообщают вышестоящей организации не позднее 12 ч с момента их совершения. К наиболее серьезным ДТП и происшествиям с тяжелыми последствиями относят: ДТП, повлекшие за собой гибель 3 чел. и более или ранение 5 чел. и более; ДТП с рейсовыми автобусами и с закрепленным за дорожными организациями подвижным составом, которые вызвали гибель людей, и др.

Для выявленных участков и мест концентрации ДТП проводят анализ аварийности по видам и тяжести, типам транспортных средств, времени суток и периодам года, а также по условиям движения, в результате которого устанавливают причины ДТП и разрабатывают план мероприятий по повышению безопасности движения. В первую очередь принимают меры по повышению безопасности движения на очень опасных участках и местах концентрации ДТП, во вторую очередь – на опасных, а затем на малоопасных. На дорогах, где выявлены очень опасные участки и места концентрации ДТП, в первую очередь принимают меры по повышению безопасности

движения на опасных, во вторую – на малоопасных.

К мероприятиям по обеспечению безопасности движения, которые осуществляют в процессе ремонта и содержания дорог, относят: улучшение геометрических параметров дорог; строительство дополнительных полос в зонах пересечений и автобусных остановок, направляющих островков на пересечениях, полос для местного движения, тротуаров и велосипедных дорожек в зонах населенных пунктов, оборудование автобусных остановок, стоянок, площадок отдыха, пешеходных переходов, скотопрогонов и т.д.; уменьшение числа пересечений транспортных потоков (закрытие «диких» съездов и переездов и улучшение условий движения на остающихся); улучшение организации движения путем совершенствования системы установки дорожных знаков и разметки, установки ограждений, светофоров, устройств аварийных улавливающих карманов и других технических средств и методов; укрепление обочин, недопущение обнажения кромки дорожных одежд, обеспечение отвода воды с обочин, предотвращение образования на обочинах колеи и других неровностей; обеспечение видимости на всей протяженности дороги, поддержание требуемой ровности покрытий, устранение дефектов покрытий; поддержание требуемой шероховатости путем устройства шероховатых слоев и содержания дорог в чистом состоянии; снижение скоростей на опасных участках; обеспечение высокого уровня содержания в сложных погодных условиях, предупреждение и ликвидация зимней скользкости.

## **15.2. Улучшение геометрических параметров дороги**

**Большие уклоны, кривые малого радиуса и участки с ограниченной видимостью.** К одним из наиболее опасных участков относят крутые

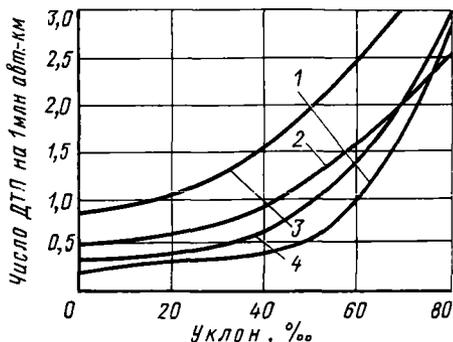


Рис. 15.1. Зависимость числа ДТП от продольного уклона и состояния покрытия:

1 — сухое чистое,  $\phi = 0,5 \div 0,7$ ; 2 — мокрое и загрязненное,  $\phi = 0,25 \div 0,55$ ; 3 — гололед и снежный накат,  $\phi = 0,1 \div 0,2$ ; 4 — среднегодовое значение

подъемы и спуски, кривые малых радиусов в плане и участки с ограниченной видимостью. Для повышения безопасности движения на этих участках в процессе эксплуатации дорог применяют комплекс мер, повышающих уровень содержания и улучшающих геометрические параметры дорог при их ремонте.

Большое число ДТП приходится на участки с подъемами и спусками. По данным МАДИ в равнинной местности здесь происходит 7 % ДТП, в пересеченной — 18 %, в сильно пересеченной — 25 %. Особенно возрастает их число в осенне-весенний и зимний периоды, когда повышается скользкость покрытия (рис. 15.1). Число ДТП при движении на спуск в 1,5–3 раза больше, чем на подъем. Происшествия на спуске концентрируются в основном в конце его, особенно если там расположена кривая в плане, имеется сужение проезжей части, узкий мост или другие помехи. На подъеме происшествия концентрируются больше в верхней части и на выпуске вертикальных кривых. В сухое время года, когда сцепные качества покрытия высокие, аварийность заметно возрастает при уклонах более 50–60 ‰. На мокрых загрязненных покрытиях число ДТП возрастает, если уклоны более 30–40 ‰. Но особенно значительно (в 2–3 раза) растет число ДТП на кру-

тых подъемах и спусках с уклоном, превышающем 20 ‰, при наличии зимней скользкости. Следовательно, одна из главных задач дорожной службы — скорейшая ликвидация зимней скользкости на участках с крутыми подъемами и спусками. Первоочередная мера на затяжных спусках — повысить шероховатость покрытий. Кардинальным путем снижения числа происшествий на участках подъемов и спусков является уменьшение размера и длины продольного уклона путем переустройства таких участков при ремонте дороги. Безопасный продольный уклон назначают с учетом погодноклиматических факторов данного района. В зонах с летним расчетным периодом продольный уклон целесообразно принимать не круче 50–60 ‰, в зонах с осенне-весенним расчетным периодом — не круче 30–40 ‰, в зонах с зимним расчетным периодом на участках с частыми гололедами — не круче 20–30 ‰ [5].

Эффективная мера снижения аварийности и повышения скорости на подъемах — устройство дополнительной, третьей, полосы шириной 3,5–3,75 м для движения тихоходных грузовых автомобилей. В СССР впервые движение на подъем с выделением дополнительной полосы и первая трехполосная разметка проезжей части были выполнены в 1962 г. на дороге Симферополь — Алушта<sup>1</sup>. Эти методы организации движения оказались высокоэффективными и нашли в дальнейшем широкое распространение.

Дополнительные полосы устраивают на участках дорог II категории, а при интенсивности движения более 2000 авт./сут в физических единицах и на дорогах III категории с продольными уклонами более 30 ‰ — при длине участка свыше 1 км, а с уклонами более 40 ‰ — при длине участка от 0,5 до 1 км. До-

<sup>1</sup> Васильев А. П. Организация трехполосного движения на крутых подъемах // Автомобильные дороги. 1963. № 2. С. 14–16.

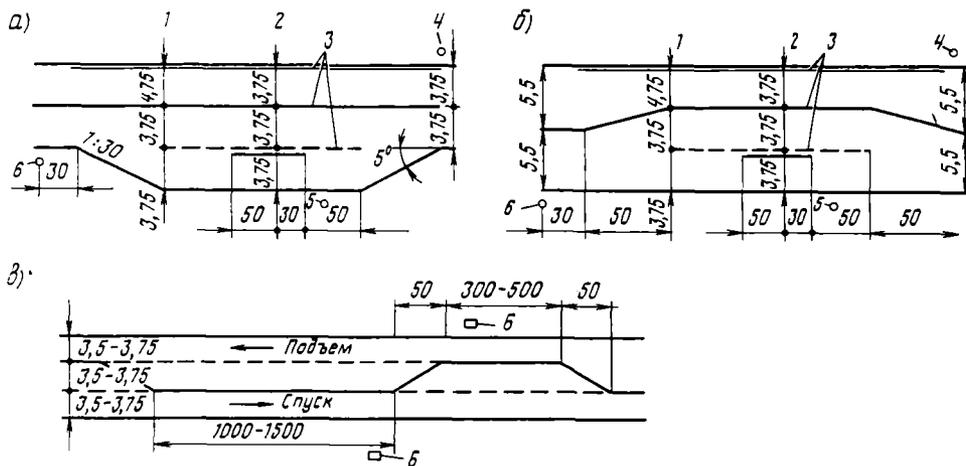


Рис. 15.2. Разметка проезжей части при наличии дополнительной полосы на подъеме:

*а* – на двухполосной дороге; *б* – на трехполосной дороге; *в* – на затяжных подъемах дорог в горной местности; 1 – начало подъема; 2 – вершина подъема; 3 – разметка; 4 – знак «Остановка запрещена»; 5 – указатель изменения числа рядов движения; 6 – знак «Левый ряд для обгона»

полнительные полосы нецелесообразны, если радиус кривых в плане меньше 200 м, а также на прямых вставках между ними длиной менее 200–300 м. Дополнительные полосы должны быть продолжены за пределами подъемов на расстояние от 50 до 200 м в зависимости от интенсивности движения.

Разметка на подъемах и спусках должна осуществляться таким образом, чтобы создавалась возможность обгона в сторону подъема, за исключением участков с ограниченной видимостью (рис. 15.2). На затяжных подъемах длиннее 1200 м рекомендуется через 700–800 м предоставлять возможность обгонов транспортным средствам, движущимся на спуск.

На кривых в плане совершается от 10 до 20 % всех ДТП, большинство которых происходит при неблагоприятных условиях погоды (дождь, снегопад, гололед, сильный ветер и т. д.). Опасность возникновения ДТП возрастает, если радиус кривой меньше 600–700 м и увеличивается угол поворота. На кривых радиусом 200 м число ДТП возрастает в 3–4 раза по сравнению с кривыми радиусом 1000 м, а на очень крутых кривых радиусом 50 м и менее – в 8–10

раз. Кроме радиуса кривой, на безопасность движения существенно влияет поперечный уклон проезжей части, особенно коэффициент сцепления (рис. 15.3). Наиболее часты на кривых заносы, опрокидывания и столкновения. Первые обычно происходят из-за низкого поперечного сцепления, а вторые – из-за низкого продольного сцепления и ограниченной видимости на кривых – повышение сцепных

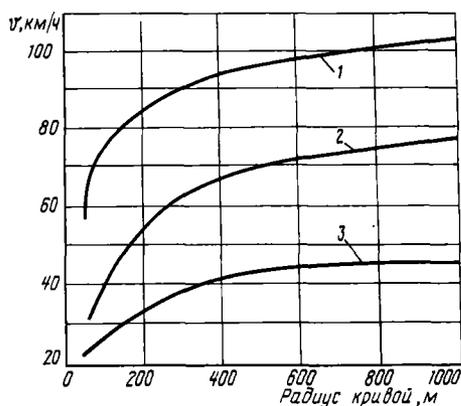


Рис. 15.3. Скорость в момент ДТП на кривых в плане:

1 – сухое чистое покрытие,  $\phi = 0,5 \div 0,6$ ; 2 – дождь, мокрое покрытие,  $\phi = 0,3 \div 0,4$ ; 3 – гололед,  $\phi = 0,1$

Таблица 15.1

Причина ограничения видимости	Удельный вес причин, %, в местности		
	равнинной	холмистой	горной
Внутренний откос выемки или полувыемки	15	25	51
Лес, трава, кустарник на внутренней части кривых в плане	37	20	33
Постройки, заборы, ограждения, автопавильоны	33	13	10
Недостаточный радиус вертикальных выпуклых кривых	15	42	6

качеств покрытия, содержание его в чистоте и ликвидация зимней скользкости. Радикальной мерой повышения безопасности движения на кривых в плане является увеличение радиусов закруглений до 600 м и более или более 200 м там, где увеличение радиуса связано с большими

затратами. Другое средство – устройство виража на кривой. При этом необходимо учитывать, что виражи эффективны при сухой погоде и хорошем содержании дороги. Наличие пыли, грязи, катунa, снега или гололеда снижает сцепные качества покрытий. Если скорость менее 30 км/ч, на скользком покрытии автомобили могут сползть по виражу внутрь кривой. Поэтому не следует делать виражи с уклоном более 60 ‰; только в районах с летним расчетным периодом, где покрытие почти постоянно сухое, допускается поперечный уклон виража увеличивать до 100 ‰.

На кривых малого радиуса с необеспеченной видимостью при ремонте дороги устраивают разделительные островки по оси проезжей части шириной не менее 0,5 м с бордюром высотой 40–50 см или устанавливают двусторонние ограждения из металлических планок. Это позволяет исключить столкновения встречных автомобилей. Для плав-

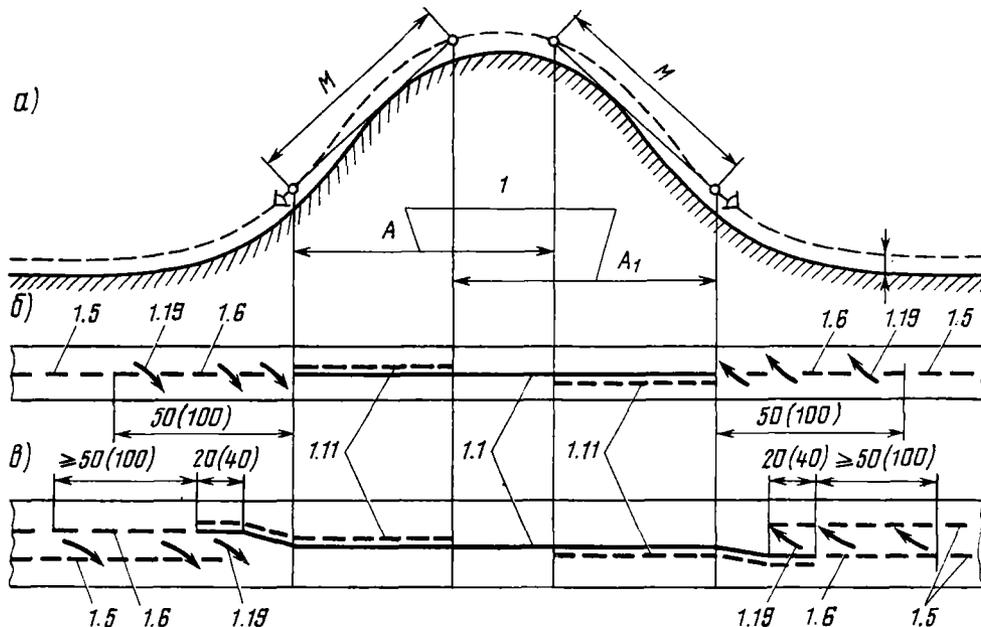


Рис. 15.4. Разметка на выпуклой вертикальной кривой с ограниченной видимостью:

*a* – продольный профиль дороги; *б* – двухполосная дорога; *в* – трехполосная дорога; *h* – зоны с видимостью меньше допустимой; *M* – минимально допустимое расстояние видимости

ного снижения скорости на подходах к таким кривым можно устроить трясущие полосы. Весьма важна разметка проезжей части на кривой и на подходе к ней.

Недостаточная видимость на отдельных участках – одна из частых причин, способствующих возникновению ДТП. Ограниченная видимость обычно отмечается на кривых малого радиуса в плане и выпуклых кривых в продольном профиле (табл. 15.1).

В процессе ремонта дороги необходимо обеспечить видимость в плане и профиле на всей протяженности не менее требуемой СНиП 2.05.02-85. В большом числе случаев требуемую видимость можно обеспечить силами дорожной службы без особых затрат, за исключением участков с крутыми переломами продольного профиля, с ограниченной видимостью из-за застройки зданий, сооружений и откосов глубоких выемок и полувыемок особенно в горных условиях.

На вертикальных выпуклых кривых с недостаточной видимостью целесообразно поэтапно выполнять комплекс мероприятий при ремонте и реконструкции: при интенсивности до 500 авт./сут уширить проезжую часть в пределах всей кривой по 1 м с каждой стороны, укрепить обочины на 1,5 м и нанести линии разметки, запрещающей обгон; при интенсивности более 500 авт./сут дополнительно создать разделительный островок шириной не менее 1 м в пределах всей кривой; увеличить радиус вертикальной выпуклой кривой с обеспечением требуемой видимости.

Аналогичные мероприятия выполняются и на кривых в плане с необеспеченной видимостью. Кроме того, на этих участках могут быть установлены зеркала, ограждения на внешней стороне кривых и др.

Разметку выпуклых вертикальных и кривых в плане с необеспеченной видимостью надо наносить так, чтобы исключить возможность обгонов транспортным средствам, движу-

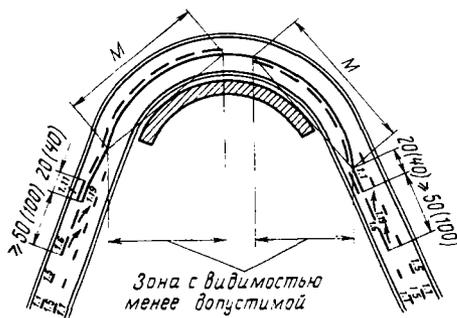


Рис. 15.5. Разметка трехполосной дороги с ограниченной видимостью в плане:

$M$  – минимально допустимое расстояние видимости

щимся в зоне ограниченной видимости (рис. 15.4). Необходимо учитывать, что таких зон может быть две: первая – для автомобилей, движущихся в одном направлении, вторая – в другом направлении. Зоны могут находиться отдельно одна от другой или частично перекрывать друг друга. В зависимости от этого вид разметки может быть различным. Во всех случаях на кривых с ограниченной видимостью перед осевой линией 1.1 или 1.5 необходимо наносить линию приближения 1.6 (рис. 15.5).

**Уширение проезжей части и укрепление обочин.** Ширина укрепленной

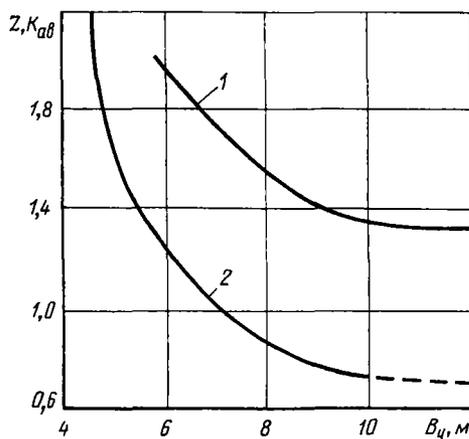


Рис. 15.6. Зависимость показателей безопасности движения от ширины укрепленной поверхности:

1 – число ДТП на 1 млн авт.-км (данные США);  
2 – коэффициент относительной аварийности (данные В. Ф. Бабкова)

Таблица 15.2

Категория дороги	Ширина проезжей части, м	Ширина краевой укрепленной полосы, м, в районах по условиям движения		
		I	II	III
II	7,5	0,5	0,5	0,3-0,5
	7,0	0,75	0,75	0,5
III	7,5	0,3-0,5	0,3-0,5	0,2-0,5
	7,0	0,5-0,75	0,5	0,3-0,5
IV	6,0	0,5	0,5	0,3-0,5

поверхности дороги, включающая проезжую часть и краевые укрепленные полосы, а также тип укрепления и состояния обочин, существенно влияют на безопасность движения автомобилей. Чем уже укрепленная поверхность, тем меньше боковые зазоры безопасности и больше вероятность ДТП (рис. 15.6). Необходимая для обеспечения безопасности движения ширина укрепленной поверхности двухполосных дорог с интенсивным движением составляет 8,5–9 м. Это соблюдено на дорогах с проезжей частью шириной 7–7,5 м и краевых полос 0,5–0,75 м или с укрепленными обочинами. Однако ширина проезжей части многих старых дорог меньше требуемой и не имеет укрепленных обочин. На этих дорогах в процессе ремонта необходимо в первую очередь уширить проезжую часть до норм, установленных СНиП 2.05.02-85.

Неукрепленные обочины в период дождей способствуют загрязнению проезжей части, а в период снегопадов – образованию снежных отло-

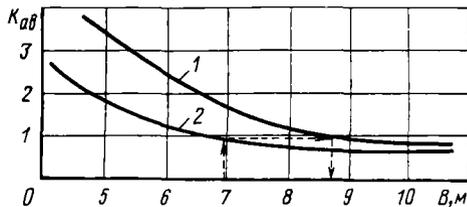


Рис. 15.7. Зависимость относительного коэффициента аварийности от ширины проезжей части и состояния обочин:

1 – обочины не укреплены; 2 – обочины укреплены

жений на прикромочных полосах, приводя к сокращению эффективной ширины проезжей части и укрепленной поверхности дороги.

Для повышения скорости и безопасности движения устройство краевых укрепленных полос и обочин соизмеримо с увеличением ширины проезжей части. Поэтому влияние климатических факторов на ширину полос загрязнения учитывают, дифференцируя ширину краевой укрепленной полосы (табл. 15.2).

Укрепление обочин особенно эффективно при узкой проезжей части или недостаточной ширине укрепленной поверхности (т. е. ширине проезжей части и краевых укрепленных полос). С увеличением ширины укрепленной поверхности роль ширины укрепленных обочин, как и вообще роль ширины обочин, снижается. Это позволяет сделать вывод о возможной равной безопасности движения при различных параметрах и типах укрепленных обочин (рис. 15.7). Например, одинаковый уровень безопасности ( $K_{св} = 1$ ) будет обеспечен при ширине проезжей части и краевых полос 7 м, если обочины укреплены, и при ширине проезжей части и краевых полос 8,6 м, если они не укреплены.

В районах с зимним расчетным периодом на участках дорог высокой категории, где установлены железобетонные или металлические барьеры безопасности, во многих случаях эффективно укреплять обочины на всю ширину, включая прибрежную полосу. Это вызвано тем, что при неукрепленных обочинах зазор между ограждением засоряется и зарастает травой, в результате чего ограждение превращается в аэродинамическую стену, задерживающую снег.

Укрепление обочин на всю ширину из материалов, обработанных вяжущим, улучшает продуваемость огражденных участков и уменьшает вероятность отложений снега на дороге. В районах с жарким климатом нет необходимости укреплять обочину на ширину остановочных полос

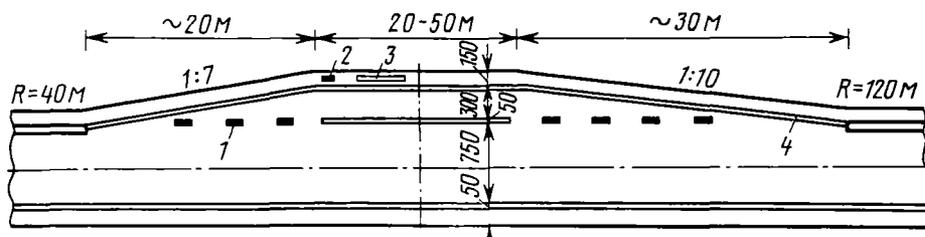


Рис. 15.8. Площадка для кратковременной или вынужденной остановки автомобиля:  
1 – разметка; 2 – урна; 3 – скамейка; 4 – открытый бордюр или крайняя полоса

(кроме участков, где обочины отсыпаны из пылеватых и песчаных грунтов), поскольку остановка автомобиля вполне возможна на сухой, спланированной обочине.

На дорогах, где интенсивность движения не достигает максимальных значений, число остановок автомобилей на обочинах незначительно и необходимость в сплошной остановочной полосе отпадает. Вместо этого на дорогах II–IV категорий целесообразно устраивать площадки для остановки автомобилей с обеих сторон дороги так, чтобы они были сдвинуты одна относительно другой на 50–80 м (рис. 15.8). Расстояние между площадками, расположенными с одной стороны проезжей части, принимают равным 800–1000 м на дорогах II категории, 1500–2000 м на дорогах III категории и 3000–5000 м – на дорогах IV категории.

Частоту аварийных стоянок в различных странах принимают от 300 м до 6 км, во всех странах размеры стоянок примерно одинаковые: вместимость до трех автомобилей (т. е. длина 30–40 м), ширина 3 м и полосы отгона по 20–30 м, или 1:10 на въезде и 1:7 на выезде.

**Ограждения и направляющие устройства.** Ограждения на дороге выполняют две функции: задерживают автомобиль и ориентируют водителя о ее границах. Установка ограждений, не уменьшая числа ДТП, значительно снижает тяжесть их последствий, особенно число погибших и раненых. Ограждения являются препятствием, наезд на которое может

вызвать повреждение автомобиля, травму и гибель людей. Поэтому следует избегать излишней установки ограждений там, где можно принять другие меры (уплоаживание откосов, увеличение радиусов кривых и т. д.).

По принципу работы различают три типа ограждений: жесткие, работающие как мощная ограждающая балка; полужесткие, способные умеренно деформироваться под действием изгибающих и растягивающих усилий; гибкие, способные воспринимать большие растягивающие деформации.

К жестким относят ограждения из железобетонного бруса, бетонные и каменные парапеты, установленные на обочинах и разделительной полосе (рис. 15.9), к полужестким – ограждения из металлических планок, прокатных полос различных форм и коробчатых металлических балок (рис. 15.10). Это наиболее эффективный тип ограждений, который способен плавно гасить кинетическую энергию ударившегося автомобиля за счет собственных деформаций, обладает высокой прочностью и эстетичностью. Однако они способствуют образованию снежных заносов и создают помехи при снегоочистке. К гибким относят тросовые ограждения (рис. 15.11), которые разрешается устанавливать только на дорогах III–IV категорий. При установке металлических и тросовых ограждений (особенно около опор мостов, мачт освещения и других препятствий) необходимо учитывать поперечный

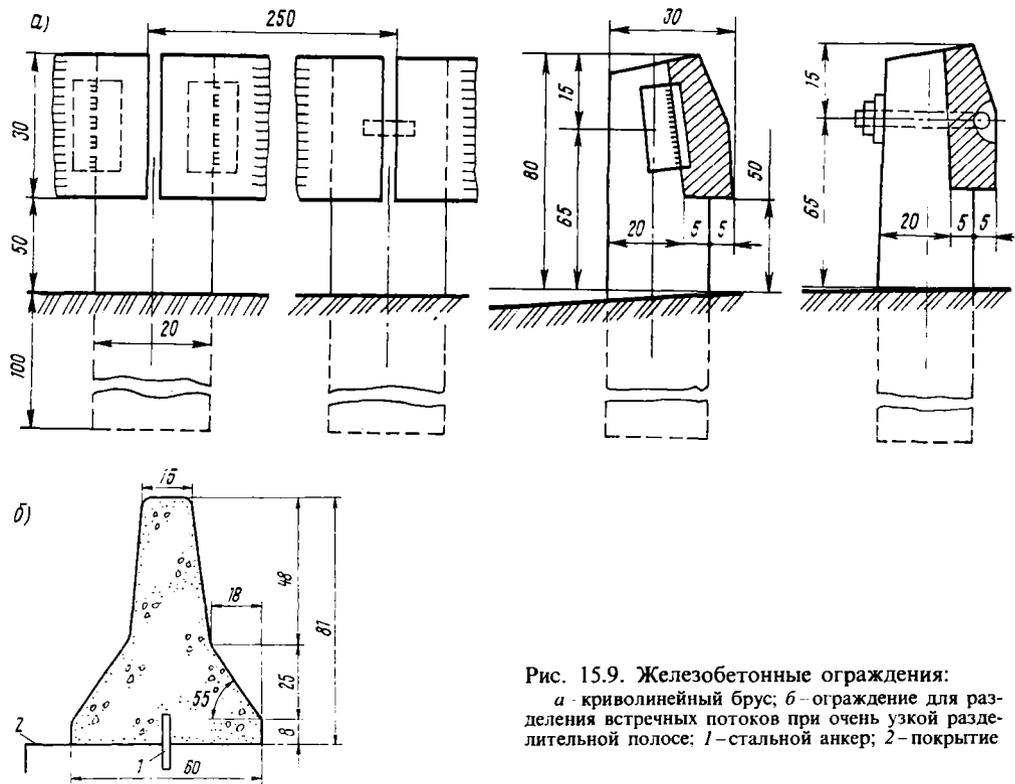


Рис. 15.9. Железобетонные ограждения:

*a* - криволинейный брус; *б* - ограждение для разделения встречных потоков при очень узкой разделительной полосе: 1 - стальной анкер; 2 - покрытие

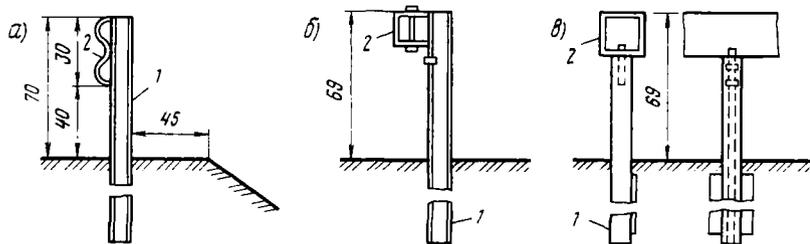


Рис. 15.10. Металлические ограждения:

*a* - W-образного сечения; *б* - корыччатого сечения; *в* - корыччатого сечения, устанавливаемые на узкой разделительной полосе: 1 - металлическая стойка; 2 - металлическая планка или короб

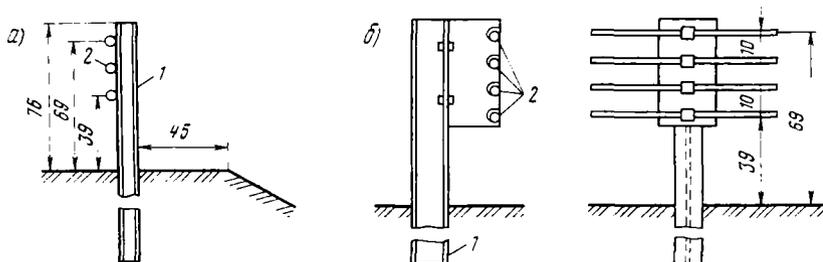


Рис. 15.11. Тросовые ограждения:

*a* - из трех тросов; *б* - из четырех тросов; 1 - металлическая или железобетонная стойка; 2 - тросы

прогиб ограждения при ударе наезжающим автомобилем. Размер этого прогиба зависит от массы, скорости и угла наезда автомобиля, жесткости ограждения и расстояния между стойками. Расчетное значение поперечного прогиба принимают 1,25 м при ширине обочины от 2 до 3,5 м и 1,4 м – при ширине обочины 3,75 м. Установка ограждений должна быть выполнена в соответствии с ГОСТ 23457–86 «Технические средства организации дорожного движения. Правила применения».

По назначению дорожные ограждения подразделяют на две группы. Ограждения первой группы (барьерные конструкции, парапеты, бордюры, комбинированные конструкции) предназначены предотвращать вынужденные съезды транспортных средств с дороги, столкновения со встречными транспортными средствами при переезде разделительной полосы, наезды на массивные предметы и сооружения, расположенные в полосе отвода; высота ограждений 0,75–0,8 м. Ограждения второй группы (сетки, конструкции перильного типа и т. д.) упорядочивают движение пешеходов и предотвращают выход на проезжую часть скота и диких животных; высота ограждений 0,8–1,5 м.

Ограждения первой группы на обочинах автомобильных дорог I–IV категорий устанавливают на участках, проходящих по насыпям с откосом круче 1:3 и высотой более 2–4 м в зависимости от продольного уклона, радиуса кривой в плане и интенсивности движения; на участках, расположенных параллельно железнодорожным линиям, болотам и водным потокам глубиной 2 м и более, оврагам и горным ущельям на расстоянии до 25 м от кромки проезжей части при интенсивности движения не менее 3000 приведенных авт./сут и до 15 м при меньшей интенсивности; на участках, прилегающих на склонах местности крутизной более 1:3 (со стороны склона), со сложными пересечениями и примыканиями в разных уровнях, с

недостаточной видимостью при изменении направления дороги в плане. На разделительной полосе дорог I категории ограждения первой группы при отсутствии препятствий располагают по ее оси, а при наличии препятствий (опор путепроводов, освещения, дорожных знаков и т. д.) – вдоль оси разделительной полосы, на расстоянии не менее 1 м от кромки проезжей части и не менее расчетного поперечного прогиба ограждения от препятствия.

Ограждения первой группы устанавливают на мостах, путепроводах, эстакадах, а также на подходах к искусственным сооружениям в пределах длины участков с высотой насыпи 3 м и более, а при меньшей высоте насыпи – не ближе 18 м в каждую сторону от начала и конца переходной плиты сооружения. Их устанавливают также около опор путепроводов, консольных и рамных опор информативно-указательных дорожных знаков, опор освещения и связи, деревьев, если они ближе 4 м от кромки проезжей части.

На обочинах дорог ограждения первой группы устанавливают не ближе 0,5 м и не далее 0,85 м от бровки земляного полотна в зависимости от жесткости конструкции ограждений. При этом от кромки проезжей части до лицевой поверхности ограждения должно быть не менее 1 м (рис. 15.12).

На разделительной полосе и на обочинах в районах с длительным зимним периодом и на снегозасоренных участках ограждения целесообразно делать съёмными. Их убирают перед началом сильных метелей и устанавливают весной с началом таяния снега. Ограждения у препятствий, находящихся на разделительной полосе и у обочин, размещают не менее чем за 25 м до препятствия со стороны приближения к нему транспортных средств и продолжают не менее чем за 2,5 м за препятствием. На двухполосных дорогах ограждения продолжают не менее чем за 25 м в обе стороны от препятствия.

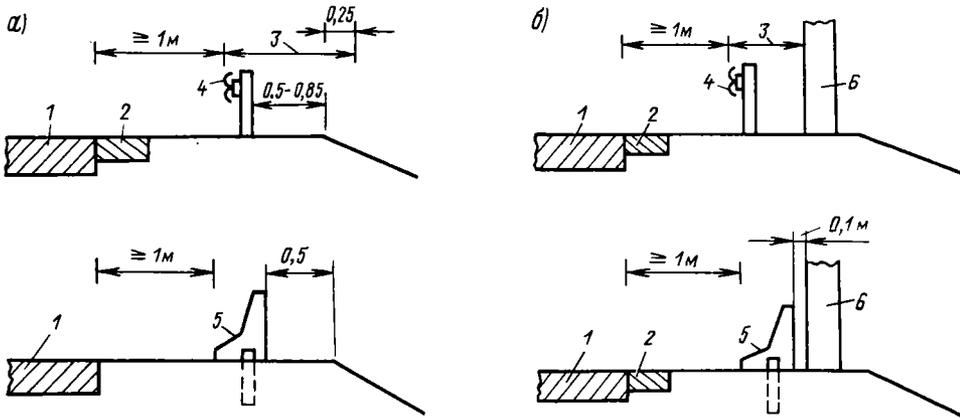


Рис. 15.12. Расположение ограждений на обочинах:

*a* – при отсутствии препятствий; *б* – при наличии препятствий; 1 – проезжая часть; 2 – краевая укрепленная полоса; 3 – расчетный поперечный прогиб; 4 – барьерное одностороннее металлическое ограждение; 5 – парадетное одностороннее ограждение; 6 – препятствие (опора освещения, знака и т. д.)

Ограждения второй группы устанавливаются: на центральной или боковой разделительной полосе дорог

I категории напротив автобусных остановок с подземными или надземными пешеходными переходами; у границ полосы отвода дорог I и II категорий, проложенных через заповедники (ограждения из сеток); на участках с ограниченной видимостью, где требуется запретить движение пешеходов через проезжую часть.

Направляющие сигнальные столбики (рис. 15.13) устанавливают на дорогах I категории, а также на опасных участках дорог II–V категорий, когда не требуется искусственное освещение и установка ограждений первой группы. На дорогах I категории сигнальные столбики устанавливают через 50 м на всей протяженности участков, не имеющих ограждающих устройств.

На обочинах дорог II–V категорий сигнальные столбики устанавливают: в пределах кривых в плане и на подходах к ним (по три столбика с каждой стороны), если насыпь выше 1 м; в пределах кривых в продольном профиле и на подходах к ним (по три столбика с каждой стороны дороги) при насыпи выше 2 м и интенсивности движения не менее 1000 приведенных авт./сут; на прямых участках при насыпи выше 2 м и интенсивности движения не менее

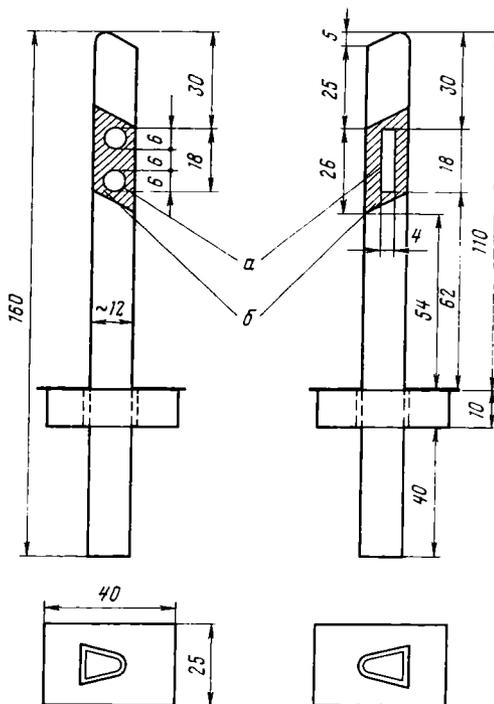


Рис. 15.13. Железобетонные, пластмассовые или деревянные направляющие столбики:

*a* – катафоты, светоотражающая фольга или световозвращающая пленка; *б* – окраска полосы в черный цвет

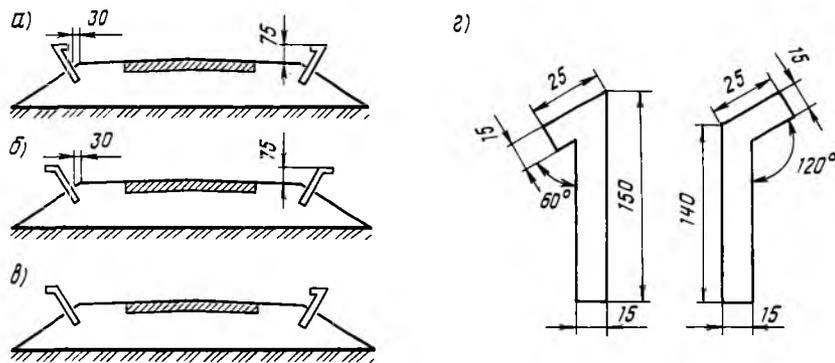


Рис. 15.14. Направляющие тумбы или столбики с отгибами:  
 а, б - на прямых участках; в - на левом повороте; г, д - тумбы с левым и правым отгибами

1000 приведенных авт./сут; на участках, расположенных ближе 15 м от болот и водотоков глубиной 1–2 м; в пределах кривых на пересечениях и примыканиях дорог в одном уровне; у водопропускных труб по одному столбику с каждой стороны дороги по оси трубы и по три столбика с двух сторон дороги до и после сооружения; у мостов и путепроводов по три столбика с двух сторон дороги и после сооружения. Расстояние между столбиками от 3 м на внешней стороне кривых радиусом 20–40 м до 50 м на прямых участках.

Направляющие столбики устанавливают в пределах неукрепленной части обочин в 0,35 м от бровки земляного полотна. На снегозаносимых участках и в районах с длительным зимним периодом (I–III дорожно-климатические зоны) направляющие столбики устанавливают на откосе насыпи на расстоянии 25–30 см от бровки земляного полотна или устраивают в виде наклонных столбиков сечением 15 × 10 см с отгибами (рис. 15.14).

**Освещение дорог.** Ночью даже при дальнем свете фар видимость предметов на дороге ухудшается в 5–10 раз и практически не превышает 100–200 м, а число смертельных исходов при ДТП на 1 млн авт-км пробега в 2,5 раза выше, чем днем. Чтобы повысить безопасность движения, электрическое освещение на дорогах устраивают в пределах на-

селенных пунктов, а если имеется возможность, — на больших мостах, автобусных остановках, пересечениях дорог I и II категорий между собой и с железными дорогами, на других наиболее опасных участках при технико-экономическом обосновании. По зарубежному опыту число ДТП на дорогах с искусственным освещением снижается на 25–50 %.

Для освещения применяют лампы накаливания и газоразрядные источники света — ртутные, люминесцентные, натриевые и ксеноновые, галогенные. Газоразрядные лампы экономичнее, срок службы больше, а световая отдача в 2–4 раза выше, чем ламп накаливания. Ртутные лампы менее экономичны люминесцентных, однако они обладают малыми размерами и большой единичной мощностью. Получают широкое распространение натриевые лампы низкого давления, яркость которых увеличена вдвое, а также натриевые высокого давления с использованием нового прозрачного керамического материала (поликристаллической окиси алюминия). Появились лампы, в которых применяют галогидные соединения.

Основной характеристикой свечения источников служит яркость (кд/м<sup>2</sup>)

$$q = I/S \cos \gamma, \quad (15.1)$$

где  $I$  — сила света, кд;  $S$  — площадь поверхности, м<sup>2</sup>;  $\gamma$  — угол к вертикали.

Для освещения дорог с нормированным значением яркости проезжей части  $0,5-1 \text{ кд/м}^2$  применяют светильники с несимметричным широким светораспределением, при яркости  $0,1-0,2 \text{ кд/м}^2$  – светильники симметричного распределения. Светильники укрепляют на мачтах или тросах, натягиваемых между столбами. Высота подвеса светильников на обычных опорах  $7-12 \text{ м}$ , на низких –  $1-1,5 \text{ м}$ . Низкие опоры используют для освещения проезжей части с малой высоты. В зависимости от ширины проезжей части применяют одно- или двухстороннюю, прямоугольную или шахматную, одно- или двухрядную, осевое размещение светильников.

Расстояние между опорами не должно превышать  $4-5$ -кратной высоты подвески светильника. Опоры светильников размещают за бровкой земляного полотна на расстоянии не менее  $0,5 \text{ м}$ . На мостах опоры ставят в одну линию с перилами, на горизонтальных кривых – с внешней стороны закруглений, что создает равномерную яркость покрытия. В отдельных случаях светильники размещают с внутренней стороны кривых, но уменьшают расстояние между опорами до  $0,7-0,75$  расстояния на прямой или на участке.

Переход от освещенного места дороги к темноте должен быть постепенным путем устройства переходной зоны уменьшения освещенности длиной не менее  $50 \text{ м}$ . При близком расположении опасных участков дорог (менее  $250 \text{ м}$ ) освещение устраивают непрерывным. Для экономии электроэнергии на освещаемых участках целесообразно строить осветленные покрытия.

### **15.3. Обеспечение безопасности движения в населенных пунктах, на пересечениях и примыканиях, на дорогах в горной местности**

**Населенные пункты.** От  $20$  до  $40 \%$  протяженности старых дорог проходят через населенные пункты. На

таких участках отмечается повышенное число ДТП, из которых  $51 \%$  – наезды на пешеходов,  $9 \%$  – на велосипедистов и  $7 \%$  – на автомобили, стоящие на обочинах. Особенно возрастает опасность движения в неблагоприятных погодных условиях, когда пешеходы менее осмотрительны при переходе через дорогу.

Для повышения безопасности движения на участках в пределах населенных пунктов применяют ряд мер: устраивают с одной или обеих сторон тротуары и велосипедные дорожки, пешеходные переходы; оборудуют автобусные остановки и стоянки автомобилей около мест общественного пользования (магазинов, столовых, кинотеатров и т. д.); переводят с дороги местное или транзитное движение на параллельные улицы; освещают дороги в пределах всего населенного пункта или на наиболее опасных участках.

Тротуары и пешеходные дорожки устраивают на участках, проходящих через населенные пункты, независимо от интенсивности движения пешеходов и автомобилей, а на подходах к населенным пунктам и в зонах, расположенных вблизи населенных пунктов при числе пешеходов, превышающем  $100 \text{ чел./сут}$ . Пешеходные дорожки устраивают за пределами обочин не ближе  $2,7 \text{ м}$  от кромки проезжей части. Ширину тротуаров и пешеходных дорожек принимают не менее  $1,5 \text{ м}$ , поперечный уклон –  $15-25 \text{ ‰}$ , продольные уклоны – не более  $80 \text{ ‰}$ .

При интенсивности движения  $2000 \text{ авт./сут}$  и более, а велосипедов и мопедов  $250 \text{ ед./сут}$  устраивают велосипедные дорожки не ближе  $2,4 \text{ м}$  от кромки проезжей части шириной для однополосного движения  $1 \text{ м}$ , для двухполосного разностороннего движения –  $2 \text{ м}$ , с продольным уклоном до  $30 \text{ ‰}$ , максимальный на коротком участке  $60 \text{ ‰}$ .

Пешеходные переходы через дороги II–V категорий устраивают в одном уровне, на дорогах I категории – подземные или надземные. В крупных населенных пунктах пеше-

Таблица 15.3

Характеристика пересечений	Дорожно-климатическая зона		
	II	III	IV
Среднее число пересечений, примыканий, съездов и въездов по проекту на 1 км дороги	0,5	0,4	0,7
Фактически действует на 1 км дороги:			
летом	1,02	1,1	1,1
осенью и весной	0,9	0,7	1,1
зимой	0,3	0,35	0,9

ходные переходы необходимо располагать не реже чем через 300 м. При этом в районах с зимним и переходным расчетными периодами расстояния между пешеходными переходами через дорогу следует назначать в 1,5–2 раза меньше, чем для районов с летним расчетным периодом.

Особое внимание уделяют содержанию тротуаров и пешеходных дорожек в осенне-весенний и зимний периоды. Если отсутствует их систематическая очистка, они перестают работать и пешеходное движение перемещается на проезжую часть.

К опасным для движения автомобилей относятся участки, на которых расположены пересечения и примыкания. Фактическое число пересечений, примыканий, съездов и переездов обычно значительно превышает предусмотренное проектом. От 40 до 65 % из них устроены стихийно без согласования с дорожными органами, без соблюдения требований к их параметрам и обустройству. Обследования показывают, что многие из этих пересечений работают не круглый год (табл. 15.3).

На пересечениях, съездах и переездах автомобильных дорог совершается от 10 до 40 % ДТП. Чтобы снизить аварийность на автомобильных дорогах, необходимо закрыть стихийно возникшие пересечения, съезды и переезды, а оставшиеся оборудовать в полном соответствии со СНиП 2.05.02-85.

Все дороги, примыкающие к дорогам I–III категорий, а также к дорогам IV категории, имеющим твердое покрытие, на подходе к пересечению должны иметь твердое покрытие на расстоянии 50 м для дорог IV категории и 100 м I–III категорий в песчаных, супесчаных и легких суглинистых грунтах прилегающей местности и на расстоянии 100 и 200 м соответственно для дорог IV и I–III категорий в черноземных и глинистых грунтах, тяжелых и пылеватых суглинках.

Эффективная мера повышения безопасности – разделение потоков дви-

жения и удаление конфликтных точек на пересечении. В этих целях устраивают направляющие островки, переходно-скоростные полосы и специальные полосы для автомобилей, совершающих левые повороты.

Островки безопасности для разделения транспортных потоков по направлениям устраивают на перекрестках при суммарной интенсивности движения по пересекающимся или примыкающим дорогам не менее 1000 авт./сут, когда число поворачивающих транспортных средств не менее 10 %. Обычно направляющие островки возвышаются над покрытием. Однако в районах с много снежной зимой и на снегозаносимых участках эти островки могут быть обозначены краской или устроены из съёмных конструкций (рис. 15.15).

Особое значение имеет оборудование пересечений дорожными знаками и нанесение линий разметки. Все знаки на пересечениях и примыканиях (кроме предварительных указателей направлений на пересекаемой дороге) устанавливает дорожная организация, обслуживающая дорогу высшей категории, а при их одинаковой категории – организация, обслуживающая дорогу, интенсивность движения по которой больше, чем на пересекаемой (примыкающей) дороге.

**Обеспечение безопасности движения на дорогах в горной местности.** Условия движения на дорогах в гор-

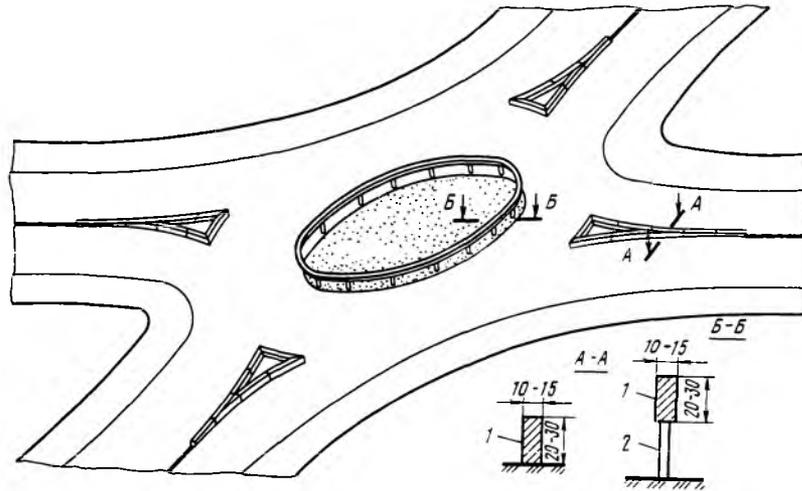


Рис. 15.15. Съемные направляющие устройства и их элементы:  
1 – ограждающий элемент; 2 – стойка

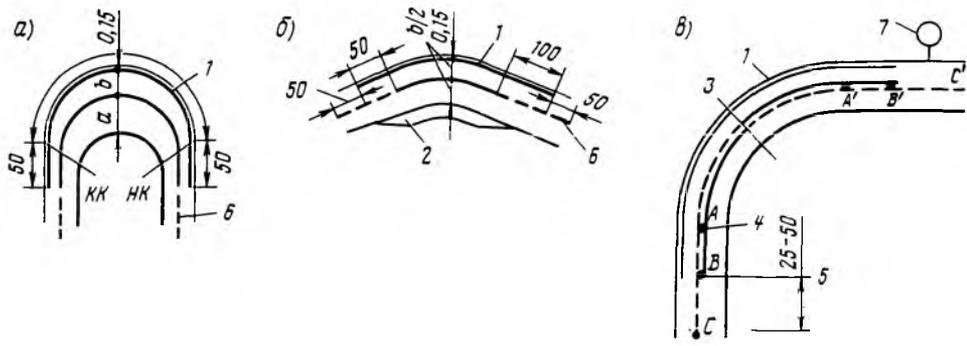


Рис. 15.16. Способы разметки на кривых в плане:  
а – кривая радиусом до 50 м; б – кривая радиусом 50–400 м; в – на кривой с ограниченной видимостью;  
1 – краевая разметка; 2 – уширение проезжей части; 3 – середина кривой; 4 – начало участка минимальной видимости; 5 – начало барьерной линии; 6 – осевая линия; 7 – знак «Обгон запрещен»

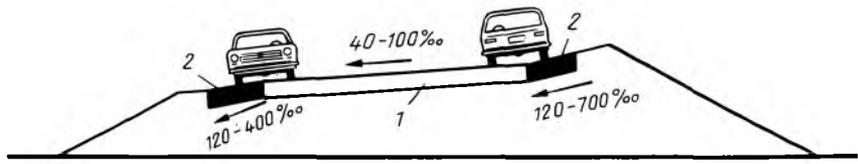


Рис. 15.17. Ступенчатый вираж на кривых малого радиуса:  
1 – основная проезжая часть; 2 – дополнительный вираж

ной местности характеризуются наличием большого числа кривых малого радиуса, крутых и затяжных подъемов и спусков, участков с ограниченной видимостью и т. д. Особенно возрастает сложность движения на этих дорогах в осенне-весенний и зимний периоды во время дождей, снегопадов, метелей, гололеда и других неблагоприятных метеорологических условий.

На эксплуатируемых дорогах в горной местности выполняют комплекс мероприятий для проведения их параметров до требуемых по безопасности движения, на обеспечение плавности изменения скорости по длине дороги, предупреждение выхода автомобиля за пределы земляного полотна и др. Конкретные виды работ на каждом участке назначают после тщательного анализа условий движения и причин ДТП. Особенно опасны кривые малого радиуса, расположенные на крутых спусках, где концентрируется 45–50 % всех ДТП.

На кривых увеличивают радиус закругления, уширяют проезжую часть, устраивают вираж, расчищают откосы выемок и полувыемок, чтобы улучшить видимость, создают разделительные островки, устанавливают ограждения. Опыт показывает, что даже небольшое увеличение радиусов кривых в плане и видимости может привести к значительному сокращению ДТП. Для предотвращения заезда автомобиля на полосу встречного движения устраивают разделительные островки, возвышающиеся над проезжей частью, и окаймляют их скошенным бортовым камнем высотой 0,2 м; ширина островка 1–2 м. В стесненных условиях вместо островков устраивают разделительную линию из камней или бордюра шириной 0,2 м и длиной 1,5–2 м с разрывами по 2 м для уборки снега и отвода воды. На снеготаносимых участках вместо разделительного островка наносят сплошную линию (рис. 15.16).

На кривых малого радиуса канд. техн. наук Т. А. Шилакадзе предло-

жил делать ступенчатый вираж с двумя поперечными уклонами, что повышает устойчивость автомобилей против опрокидывания (рис. 15.17).

Одна из причин ДТП на дорогах в горной местности – недостаточная видимость в продольном профиле ввиду малых радиусов вертикальных выпуклых кривых.

Улучшению условий движения на подъемах способствуют дополнительные полосы для грузовых автомобилей и автомобильных поездов с четкой разметкой полос движения. На затяжных спусках одной из главных причин ДТП является отказ тормозной системы автомобиля. Чтобы предупредить ДТП, снизить тяжесть их последствий, на таких участках устраивают аварийные съезды или улавливающие карманы<sup>1</sup>. Конструкции и метод расчета элементов аварийных съездов разработал проф. А. П. Васильев, по предложению которого первые такие сооружения были построены в 1964 г. на дороге Симферополь–Алушта–Ялта, после чего их стали применять на многих дорогах. Основное назначение аварийного съезда – вывести автомобиль, потерявший управление ввиду отказа тормозов на спуске, дать возможность погасить скорость до безопасных пределов за счет повышенного сопротивления движению на съезде и остановиться. Аварийные съезды могут быть трех типов: гравитационные – торможение движением на подъем; задерживающие – торможение повышенным сопротивлением движению; гравитационно-задерживающие.

Аварийный съезд шириной 4 м гравитационно-задерживающего типа представляет собой отмыкающий от дороги тупик, направленный на встречный подъем с покрытием, имеющим повышенное сопротивление качению (рис. 15.18). На преодоление подъема и сопротивления качению расходуются кинетическая

<sup>1</sup> Васильев А. П. Особенности проектирования автомобильных дорог для совместного движения. М.: Транспорт, 1964. 50 с.

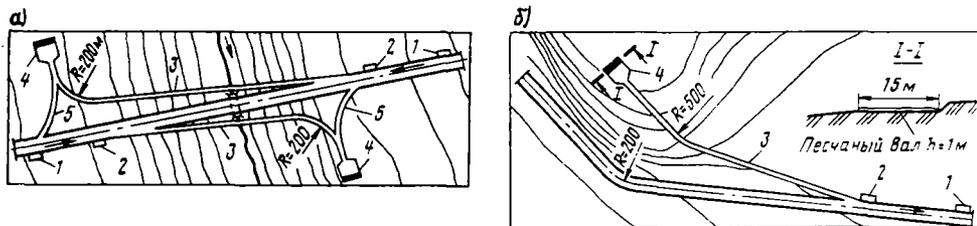


Рис. 15.18. Расположение аварийных съездов в горной и холмистой местностях:  
*а* – на участке встречных уклонов; *б* – на внутренней части кривой; 1 – основной знак; 2 – дублирующий знак; 3 – встречный уклон 100–120‰ длиной 300–400 м; 4 – площадка для остановки и разворота автомобилей; 5 – выезд на основную дорогу

энергия разогнавшегося на спуске автомобиля с отказавшими тормозами.

Необходимая для гашения этой энергии длина аварийного съезда

$$L = v^2 / 254 (f + i), \quad (15.2)$$

где  $v$  – скорость автомобиля при входе в аварийный съезд, км/ч;  $f$  – сопротивление качению;  $i$  – встречный уклон, ‰.

Аварийный съезд заканчивается площадкой размером 15 × 15 м для разворота автомобиля и песчаным валом высотой 1 м. Съезд оборудуют знаками. В процессе эксплуатации песок, гравий или керамзит на активном участке съезда и песчаный вал необходимо поддерживать в сухом рыхлом состоянии.

Для этого должен быть обеспечен водоотвод и систематическая вспашка или боронование этого участка съезда.

В качестве аварийного съезда задерживающего типа используют уширенную обочину, на которую насыпают слой рыхлого однородного материала (гравий, керамзит, синтетический гравий и т. д.) размером 6–10 или 12–18 мм или песка слоем 20–30 см. При въезде автомобиля на такую полосу достигается замедление около 0,3–0,5*g*, а сопротивление качению для рыхлого грунта составляет 0,04–0,05, керамзитового рыхлого гравия – до 0,45.

В горной местности большое число ДТП связано со съездами автомобилей с дороги, которые отличаются высокой степенью тяжести. Поэто-

му эффективной мерой снижения их числа и тяжести последствий служит установка ограждений на опасных участках. При наличии регулярного автобусного сообщения ограждения устанавливают независимо от интенсивности движения на расстоянии 0,5 м от бровки земляного полотна и не ближе 1 м от края проезжей части.

На кривых длина ограждений принимается равной длине кривой плюс 10 м с каждой стороны.

На долинных участках рекомендуются ограждения, допускающие деформации в поперечном направлении (с металлической профильной планкой, тросовые), на перевальных участках – ограждения парашютного типа.

На серпантинах ограждения устанавливают с внешней стороны серпантины, где открывается низовой откос, и оставляют разрывы для сбрасывания снега под откос при снегоочистке.

На кривых малых радиусов, в конце затяжных спусков и перевальных участках рекомендуются ударопоглощающие ограждения. На дорогах IV и V категорий создают грунтовые валы высотой от 0,6 до 1,2 м, шириной поверху 0,3–0,4 м и крутизной откосов от 1:1 до 1:1,5. Грунтовый вал на кривых малого радиуса, кроме предупреждения ДТП, способствует повышению на 10–20 % скорости в сторону спуска за счет психологического воздействия на водителя.

#### 15.4. Повышение безопасности движения в неблагоприятные периоды года

Состояние дорог с точки зрения условий движения наиболее значительно меняется по сезонам года, особенно осенью и зимой. Выбор инженерных решений для повышения безопасности движения в сложных погодных условиях производят с учетом погодно-климатических характеристик района на основе анализа графика коэффициентов обеспечения расчетной скорости и сезонных графиков коэффициентов аварийности. Все мероприятия, направленные на повышение удобства и безопасности движения, по длительности действия могут быть разделены на постоянные, временные (сезонные) и кратковременные.

К постоянно действующим относятся мероприятия, эффективность которых не меняется в течение всего года. Они обязательны на тех участках, где повышается опасность движению в течение всего года.

К временным (сезонным) относят мероприятия, эффективность действия которых длится от одного месяца до одного сезона. Их предусматривают на тех участках, где заметно повышается опасность движения в отдельные периоды года.

К кратковременным относят мероприятия, эффективность действия которых длится от нескольких часов до одного месяца. Они направлены главным образом на ликвидацию или нейтрализацию воздействия кратковременных факторов и в первую очередь погодно-климатических.

Дорожная служба может применять все виды мероприятий, но чаще всего временного и кратковременного действия. Конкретное мероприятие выбирают в зависимости от действия метеорологического фактора, на ликвидацию которого это мероприятие рассчитано (табл. 15.4).

*В осенний период*, когда интенсивность движения на большинстве дорог максимальная, а погодные условия ухудшаются, одной из главных

задач становится систематическая очистка покрытия механическими щетками и промывка поливомоечными машинами. Осенью на обочинах можно устранить лишь отдельные наиболее крупные разрушения. Укрепляют обочины летом.

Большое значение для обеспечения безопасности движения и ориентирования водителей имеют краевые укрепленные полосы. Устройство краевых полос и укрепление обочин требует разовых затрат, но значительно снижает последующие эксплуатационные расходы, так как предотвращает разрушение кромок дорожной одежды, сокращает число ДТП, значительно облегчает снегоочистку.

В районах с большим количеством дождей большое значение имеет быстрый водоотвод с проезжей части. Этой цели служит повышение ровности покрытия, ликвидация ямочности, колеи, наплывов и выбоин.

Если нельзя обеспечить требуемый коэффициент сцепления, дорожная служба должна установить на опасных в дождливый период участках знаки ограничения скорости и дополнительные таблички с надписью «При влажном покрытии» или установить знаки со сменной информацией.

*В зимний период* суточная интенсивность движения снижается на 10–30 % по сравнению с летней. Однако среднечасовая интенсивность движения в светлое время суток может быть равна и даже больше, чем летом. Главной задачей зимой является борьба со снежными отложениями на дороге и гололедом.

Анализ графиков коэффициентов аварийности позволяет выявить целый ряд новых опасных участков. В то же время часть ранее опасных участков становится менее опасными и им можно уделять меньше внимания. При регулярной снегоочистке перестают быть опасными участки с неукрепленными обочинами. Часть съездов, въездов и пересечений с полевыми дорогами зимой

Меры защиты	Принцип действия
<b>Гололед</b>	
<p>Укрывающие навесы, галереи Теплообогрев</p> <p>Регулирование теплотехнических свойств дорожной одежды</p> <p>Устройство гидрофобной поверхности покрытия</p> <p>Профилактическое распределение противогололедных реагентов</p> <p>Ликвидация гололеда химическими реагентами, механическими средствами, тепловым или другими видами воздействия</p> <p>Устройство шероховатой поверхности покрытия</p> <p>Установка автоматически управляемых знаков</p>	<p>Устранение воды с покрытия</p> <p>Устранение критической температуры замерзания воды</p> <p>Сокращение диапазона критических температур замерзания воды на поверхности</p> <p>Устранение возможности примерзания воды к покрытию</p> <p>Понижение температуры замерзания воды</p> <p>Удаление образовавшегося слоя льда</p> <p>Ослабление влияния гололеда</p> <p>Предупреждение водителей о гололеде</p>
<b>Метель</b>	
<p>Устройство снегонезаносимого профиля земляного полотна</p> <p>Устройство съемного инженерного оборудования (ограждения, направляющие устройства, направляющие тумбы с отгибами)</p> <p>Защитные навесы (укрытия), галереи</p> <p>Снегозащитные насаждения</p> <p>Снегопередающие заборы</p> <p>Снегозадерживающие заборы, щиты, стены, снежные траншеи</p> <p>Патрульная снегоочистка</p>	<p>Перенос снега через дорогу</p> <p>Облегчение условий снегопереноса через дорогу и снегоочистки</p> <p>Полное предохранение от попадания снега и воздействия ветра</p> <p>Снижение скорости ветра, снегового потока и выпадение снега в заданной зоне</p> <p>Перенос снега за пределы земляного полотна</p> <p>Изменение скорости ветра на подходе к дороге и выпадение снега в местах ее снижения</p> <p>Предупреждение образования больших отложений снега на покрытии</p>
<b>Осадки в виде дождя</b>	
<p>Устройство легких защитных навесов</p> <p>Обеспечение требуемого поперечного уклона с учетом отвода воды с поверхности дороги</p> <p>Устройство дренажных конструкций дорожных одежд</p> <p>Устройство шероховатой поверхности</p>	<p>Предохранение дороги и автомобилей от попадания воды</p> <p>Снижение толщины слоя воды на покрытии и ускорение ее стока</p> <p>Снижение толщины слоя воды на покрытии</p> <p>То же</p>
<b>Осадки в виде снега</b>	
<p>Защитные навесы, галереи</p> <p>Патрульная снегоочистка</p>	<p>Предохранение дороги и автомобилей от попадания снега</p> <p>Удаление выпавшего снега</p>
<b>Ветер</b>	
<p>Устройство ветрозащитных насаждений и ограждений</p> <p>Увеличение ширины полосы движения с учетом возможности отклонения автомобиля</p> <p>Установка специальных знаков</p>	<p>Снижение скорости ветра над дорогой</p> <p>Предупреждение выхода автомобиля за пределы своей полосы движения</p> <p>Предупреждение о сильном ветре</p>
<b>Туман</b>	
<p>Устройство искусственного освещения</p> <p>Устройство осветленного покрытия</p> <p>Установка катафотов, устройство разметки краевых полос, отличающихся по цвету от проезжей части</p> <p>Установка автоматических управляемых знаков</p>	<p>Повышение видимости дороги в тумане</p> <p>Улучшение видимости дороги</p> <p>То же</p> <p>Предупреждение водителей о тумане</p>

перестает функционировать и заносится снегом. Помимо регулярной снегоочистки и борьбы с гололедом, в зимний период рекомендуют следующие меры: снятие знаков «Перекресток» на подходах к занесенным пересечениям, съездам и въездам; установка знаков «Гололед» и знаков «Сужение проезжей части» на опасных участках.

### **15.5. Обеспечение безопасности движения в местах производства дорожных работ**

Комплекс мер по организации движения и работ на участке ремонта должен решить две главные задачи: создать безопасные условия труда работающих на ремонте и обеспечить непрерывное и безопасное движение автомобилей.

Участки, на которых выполняют работы по содержанию и ремонту, ограждают дорожными знаками, барьерами, щитами, тросовыми и канатными ограждениями с цветными и светоотражающими флажками, конусами. Дорожные рабочие должны быть одеты в специальные жилеты ярко-оранжевого цвета. Дорожные машины на период темного времени суток убирают за пределы земляного полотна. Как исключение, их можно разместить не ближе 1,5 м от границы ближайшей полосы, по которой осуществляется движение. При этом дорожные машины должны быть ограждены с обеих сторон барьерами с сигнальными фонарями желтого цвета, которые зажигают с наступлением темноты. Барьеры устанавливают на расстоянии 10–15 м от машин. Существует определенный порядок организации дорожного движения на участках ремонта [30]. В первую очередь создают объезды, размещают временные дорожные знаки, поперечные и продольные ограждения. В местах объезда устанавливают знаки «Схема объезда» и «Направление объезда». В отдельных случаях на обочи-

нах рядом с первым дорожным знаком устанавливают транспаранты «Ремонт дороги», «Ремонт моста» и т.п. Временные дорожные знаки устанавливают на переносных стойках или барьерах на обочинах не ближе 1 м к кромке проезжей части на высоте 1,5–1,75 м. Поперечные ограждения имеют высоту 120 см, ширину 210 см. Их выставляют перпендикулярно к движению, а в местах объезда – под углом 60–75°. Продольное ограждение устраивают из вех, стоек, штакетного барьера, конусов.

Для обеспечения безопасности движения и охраны труда дорожных рабочих разработаны типовые схемы расстановки знаков и ограждений, которые обязательны для всех дорожных организаций [30, 42]. В темное время суток и во время тумана места производства работ должны быть оборудованы фонарями красного цвета. Для продольного ограждения применяют щиты с подвеской фонарей или светоотражающих знаков, расположенных через 15 м. При наличии перед ограждениями постоянных дорожных знаков, которые противоречат временным, их необходимо на время снять или зачехлить. После полного завершения работ убирают строительные материалы, планируют откосы, подметают покрытие. Только после этих работ разрешается снимать временные знаки и ограждения. В заключение устраняют выезды и съезды временных объездов.

Объезды должны обеспечивать на весь период производства работ круглосуточное движение. Если для объездов используют существующую сеть дорог с твердым покрытием, то на всех примыканиях и пересечениях надо установить временные знаки со схемами объездов.

Выезды и въезды устраивают не ближе 20 м от места (зоны) работ. Как правило, создают двухполосные съезды шириной менее 6 м, реже однополосные шириной не менее 3,5 м. На однополосных съездах возможна организация двустороннего

движения с помощью светофора или регулировщика. В таких случаях проезжая часть съезда должна иметь покрытие более высокого качества, обеспечивающее сокращение времени движения по объезду.

К геометрическим параметрам съездов предъявляют требования: радиусы кривых в плане не менее 30 м, радиусы примыкания съездов к дороге не менее 15 м, продольные уклоны до 10 ‰, в местах примыканий – до 6 ‰.

На участках, где устраивают временные объезды, возникает потребность в закрытии движения по основной дороге, кроме строительного транспорта. Существует определенный порядок закрытия движения.

Закрытие движения осуществляет дорожная организация по согласованию с ГАИ. При длине временных объездов более 1 км и закрытии движения более чем на 5 дней дорожная организация обосновывает схему организации движения на ремонтном участке и за 10 дней представляет на согласование с местными органами ГАИ. Участок дороги и временный объезд в соответствии с согласованной схемой оборудуют дорожными знаками и ограждениями не позднее чем за 3 дня до закрытия движения. Оборудованный участок принимает комиссия в составе представителей дорожной организации, автопредприятия и ГАИ и составляет акт. О закрытии движения ставят в известность областные автоуправления. На местной сети дорог непосредственно закрытие движения осуществляют местные дорожные организации, на общегосударственных и республиканских – соответствующие управления дорог.

При устройстве временных объездов на полосе отвода длиной до 1 км или при выполнении кратковременных работ (по поверхностной обработке, установке знаков, разметке проезжей части и т. д.) движение закрывает местная дорожная организация без комиссии, но при обязательном согласовании схемы ог-

раждений с ГАИ. Указанные требования о закрытии движения распространяются только на случаи ремонтных работ.

## 15.6. Оценка эффективности мероприятий, повышающих безопасность движения

Выполнение мероприятий по повышению безопасности движения, как правило, приводит к повышению скорости, снижению числа и тяжести последствий ДТП. Основным методом определения экономического и социального эффекта является так называемый метод «до» и «после». Он состоит в том, что определяют показатели скорости и безопасности движения до выполнения мероприятий и после и по динамике их изменения оценивают эффективность выполненных мероприятий.

Общий годовой экономический эффект от внедрения мероприятий по организации и повышению безопасности движения

$$\mathcal{E}_0 = \sum_{i=1}^n \mathcal{E}_i - (C + E_n K), \quad (15.3)$$

где  $\sum_{i=1}^n \mathcal{E}_i$  – суммарный годовой эффект от внедрения различных мероприятий;  $C$  – годовые эксплуатационные затраты на мероприятия по организации дорожного движения, руб./год;  $E_n$  – нормативный коэффициент экономической эффективности капиталовложений ( $E_n = 0,12$ );  $K$  – капитальные затраты, руб.

### Суммарная экономия

$$\sum_{i=1}^n \mathcal{E}_i = \mathcal{E}_1 + \mathcal{E}_2 + \mathcal{E}_3 + \mathcal{E}_4, \quad (15.4)$$

где  $\mathcal{E}_1$  – экономия в год в результате увеличения скорости;  $\mathcal{E}_2$  – экономия за счет снижения потерь от ДТП;  $\mathcal{E}_3$  – экономия в год за счет высвобождения части водителей;  $\mathcal{E}_4$  – экономия в год за счет снижения материальных и энергетических ресурсов.

В результате внедрения мероприятий по организации дорожного движения возрастает скорость, что при-

водит к экономии денежных средств в народном хозяйстве,

$$\mathcal{E}_1 = \sum_{i=1}^n (C_{i1}/v_{i1} - C_{i2}/v_{i2}) 365 N_1 L, \quad (15.5)$$

где  $C_{i1}$ ,  $C_{i2}$  – себестоимость 1 ч работы  $i$ -го вида транспортных средств, руб., с интенсивностью  $N_i$  ед./сут до и после внедрения мероприятий;  $v_{i1}$ ,  $v_{i2}$  – соответственно скорость  $i$ -х единиц транспортных средств до и после применения мероприятий, км/ч;  $L$  – протяженность дороги, на которой внедрены мероприятия, км.

Экономия в народном хозяйстве за счет сокращения ДТП

$$\mathcal{E}_2 = P_1 - P_2, \quad (15.6)$$

где  $P_1$ ,  $P_2$  – годовые потери в народном хозяйстве до и после проведения мероприятий.

Потери в народном хозяйстве в год от ДТП

$$P = 365 \cdot 10^{-6} n_a C_a m N L, \quad (15.7)$$

где  $n_a$  – число ДТП в год на участке  $L$ ;  $C_a$  – средняя стоимость одного ДТП;  $m$  – стоимостной коэффициент тяжести ДТП;  $N$  – среднегодовая суточная интенсивность движения, авт./сут.

Годовая экономия в народном хозяйстве за счет высвобождения части водителей из транспортного процесса

$$\mathcal{E}_3 = b d, \quad (15.8)$$

где  $b$  – общая численность водителей, высвободившихся из транспортного процесса в год;  $d$  – среднегодовой вклад одного водителя в национальный доход страны, руб.

Значение  $d$  можно принять по данным ЦСУ как для одного работника  $b$  по данным ХАДИ (В. А. Багаева).

Значение  $b$  можно рассчитать

$$b = 365 N L (1/v_1 - 1/v_2) / t, \quad (15.9)$$

где  $N$  – среднегодовая суточная интенсивность движения, авт./сут;  $L$  – длина участка, где проведены мероприятия, км;  $v_1$ ,  $v_2$  – средняя скорость транспортного потока на участке до и после внедрения мероприятий, км/ч;  $t$  – время водителя в наряде (в среднем около 9 ч).

Годовая экономия за счет сниже-

ния материальных и энергетических ресурсов

$$\mathcal{E}_4 = \sum_{i=1}^m (P_{i1} - P_{i2}) C_i, \quad (15.10)$$

где  $P_{i1}$ ,  $P_{i2}$  – расход  $i$ -го вида ресурсов в год до и после проведения мероприятий, руб.;  $C_i$  – себестоимость единицы вида ресурсов, руб.;  $m$  – число видов расходуемых материальных и энергетических ресурсов.

В результате внедрения мероприятий, кроме материального, достигается и социальный эффект. Он определяется различными показателями.

Уменьшение числа ДТП в год по различным видам

$$\Delta n_a = n_{a1} - n_{a2}, \quad (15.11)$$

где  $n_{a1}$ ,  $n_{a2}$  – число ДТП в год до и после внедрения мероприятий по организации дорожного движения.

Повышение производительности труда на транспорте

$$\Delta P = (v_2 - v_1) 100 / v_1, \quad (15.12)$$

где  $v_1$ ,  $v_2$  – средние значения скорости до и после внедрения мероприятий.

Экономия живого труда, т. е. снижение численности водителей, высвобожденных из транспортного процесса, определяют по формуле (15.9). Чтобы установить снижение общего числа ДТП различных видов в год, применяют выражение

$$P_o = 1 - (1 - P_1)(1 - P_2) \dots (1 - P_m), \quad (15.13)$$

где  $P_o$  – показатель снижения ДТП в результате внедрения  $m$  мероприятий по улучшению организации дорожного движения на данном участке после внедрения  $i$ -го мероприятия, доли единицы. Значения  $P_i$  устанавливают на основе фактических наблюдений.

В табл. 15.5 приведены некоторые статистические данные для двухполосных дорог, полученные в США.

При прогнозировании показателя  $P_o$  исходят из допущения, что число ДТП пропорционально интенсивности движения. Ожидаемое уменьшение числа ДТП в год

$$n_{ao} = \frac{365 P_o n_{a1}}{T} \frac{N_{ncp}}{N_{\Phi}}, \quad (15.14)$$

Таблица 15.5

Мероприятия по организации дорожного движения	Снижение ДТП, доли единицы	
	Все виды ДТП	ДТП с гибелью и ранениями
Устройство разметки	0,14	0,17
Установка или изменение места предупреждающих знаков	0,36	0,32
То же на кривых в плане	0,57	0,71
» » на пересечениях в одном уровне	0,37	0,19
Установка знака «Стоп» или «Остановка обязательна» на второстепенной дороге перед пересечением	0,47–0,65	0,89–0,96
Установка предупреждающих знаков и направляющих устройств на кривых в плане	0,22	0,41
Строительство нового покрытия	0,12	0,21
Укрепление обочин	0,38	0,46
Уширение » »	– 0,2 *	0,07
» » проезжей части	0,38	0,30
Нанесение разделительной линии на вертикальных выпуклых кривых	0,64	–
Создание направляющих устройств на кривых в плане	0,02	0,16
Увеличение радиусов кривых в плане	0,88	0,89

\* Знак «–» показывает ухудшение безопасности движения.

где  $n_{a1}$  – число ДТП за  $T$  дней прошедшего года;  $N_{пер}$  – среднесуточная перспективная интенсивность движения, авт./сут;  $N_{ф}$  – среднесуточная фактическая интенсивность движения за период  $T$ , авт./сут.

## Глава 16

### СЕРВИС И ОБСЛУЖИВАНИЕ ДВИЖЕНИЯ НА ДОРОГАХ, СВЯЗЬ

#### 16.1. Классификация зданий и сооружений на автомобильных дорогах

**Здания и сооружения автотранспортной службы.** Современная автомобильная дорога должна иметь комплексы зданий и сооружений для функционирования самой дороги, удовлетворения потребностей проезжающих людей, создания им комфортных условий, а также для обслуживания транспортных средств. При отсутствии этих зданий и сооружений дорожная служба строит их в процессе эксплуатации.

Для организации служб по содержанию и ремонту, обслуживанию участников движения грузовых и пассажирских перевозок, автомобильные дороги должны иметь соответствующие здания и сооружения [14, 18, 23, 40, 52, 62].

Дорожной службе необходимы комплексы зданий и сооружений для управления дорог, основного и низового звеньев службы, жилые дома рабочим и служащим, производственные базы, пункты обслуживания мостов, переправ, тоннелей и галерей, устройства технологической связи.

Для обслуживания транспортных средств и участников движения на дорогах строят здания и сооружения, которые входят в состав служб автотранспорта, сервиса и ГАИ (рис. 16.1).

Автотранспортной службе необходимы здания и сооружения по обслуживанию грузовых перевозок – грузовые автостанции, контрольно-диспетчерские пункты; здания и сооружения обслуживания для организованных пассажирских перевозок – автостанции и автовокзалы,

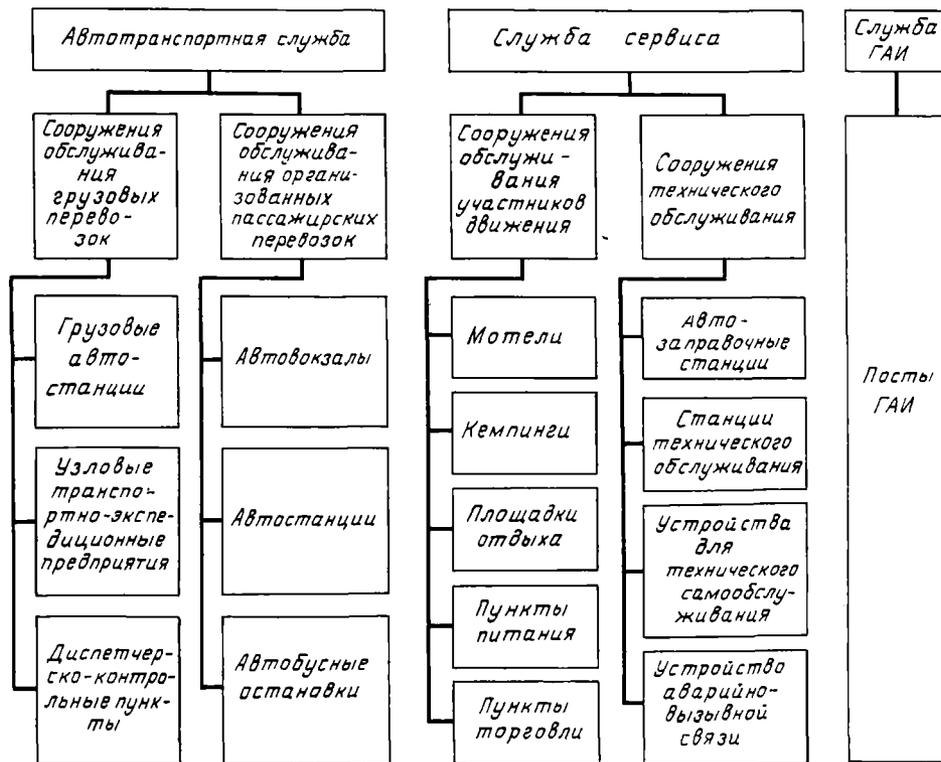


Рис. 16.1. Сооружения для обслуживания транспортных средств и участников движения на автомобильных дорогах

автобусные остановки и павильоны; для обслуживания участников движения в пути, так называемый дорожный сервис, — мотели, кемпинги, площадки отдыха и для кратковременной остановки автомобилей, пункты питания и торговли, автозаправочные станции (АЗС) и станции технического обслуживания (СТО), пункты мойки автомобилей на въездах в город, устройства аварийно-вызывной связи; для службы государственной автомобильной инспекции (ГАИ) — линейные сооружения по контролю движения.

Для организации грузовых перевозок на крупных автомобильных дорогах создают *грузовые станции* транспортно-экспедиционные предприятия по группировке, сортировке, погрузке-разгрузке, формированию и управлению грузовыми перевозками. Грузовые станции разме-

щают в населенных пунктах, при товарных станциях железных дорог, в местах перегрузки. Они должны иметь склады, погрузочно-разгрузочные устройства, мастерские для мелкого ремонта автомобилей, пункты питания и отдыха водителей, служебные помещения для эксплуатационных операций.

В последние годы все более широкое применение находит система комплексного транспортно-эксплуатационного обслуживания в виде терминальных перевозок грузов. Суть такой системы состоит в создании сети грузообразующих и грузопоглощающих пунктов — грузовых автостанций, терминалов, контейнерных площадок и разделении перевозочного процесса на три фазы; завоз грузов на терминалы и развоз их оттуда получателям; формирование и расформирование

крупных отправок, хранение и под-  
сортировка по направлениям до-  
ставки мелких партий грузов; пере-  
возка грузов между терминалами.  
Для организации таких перевозок  
создают узловые терминальные  
станции, имеющие складские поме-  
щения, контейнерные площадки, а  
также погрузочно-разгрузочные соо-  
ружения и оборудование.

На дорогах I–III категорий соз-  
дают контрольно-диспетчерские  
пункты (КДП), которые располагают  
вблизи мест возможного получения  
грузов для загрузки попутных не-  
груженых транспортных средств.

Эффективность грузового и пасса-  
жирского обслуживания во многом  
зависит от наличия *станций  
технического обслуживания (СТО)*.  
На дорогах I категории их устраи-  
вают с двух сторон, а на дорогах II  
и III категорий – с одной стороны  
земляного полотна. Число постов на  
станциях принимают от одного до  
восьми в зависимости от интенсив-  
ности движения и расстояния между  
ними. При интенсивности более  
20 000 авт./сут. число постов опре-  
деляют расчетом. Грузовые терми-  
нальные станции контрольно-дис-  
петчерские пункты и станции техни-  
ческого обслуживания находятся в  
ведении организаций автотранспорта  
общего пользования.

Неотъемлемой частью дорожного  
сервиса являются *автозаправочные  
станции (АЗС)*, пункты мойки и  
площадки для стоянки автомобилей,  
смотровые эстакады или смотровые  
канавы. Мощность АЗС (число  
заправок в сутки) и расстояние меж-  
ду ними принимают по СНиП  
2.05.02-85 в зависимости от интен-  
сивности движения:

Интенсивность движения, тыс. ед./сут.	1–2	2–3	3–5
Мощность АЗС, заправок в сутки	250	500	750
Расстояние между АЗС, км	30–40	40–50	40–50
Интенсивность движения, тыс. ед./сут.	5	7	7–20 > 20
Мощность АЗС, заправок в сутки	750	1000	1000
Расстояние между АЗС, км	50–60	40–50	20–25

250

На дорогах I категории АЗС  
устраивают двусторонними, а на до-  
рогах II–IV категорий – односто-  
ронними. В городах и крупных  
транспортных узлах размещают *ав-  
товокзалы* с залами ожидания, кас-  
совыми залами, комнатами отдыха,  
камерами хранения, буфетами, узла-  
ми связи, аптечными и газетными  
киосками, туалетами и т. д. В про-  
межуточных населенных пунктах с  
учетом размера пассажирского дви-  
жения создают автобусные станции  
I, II, III или IV класса, которые  
различаются размерами и набором  
помещений.

Автобусные остановки на дорогах  
I–III категорий устраивают не чаще  
чем через 3 км, а в курортных рай-  
онах и густонаселенной местнос-  
ти – через 1,5 км. Принципы разме-  
щения, планировку и размеры авто-  
бусных остановок следует прини-  
мать согласно СНиП 2.05.02-85  
«Автомобильные дороги. Нормы  
проектирования» и Указаниям по  
обеспечению безопасности движения  
на автомобильных дорогах (ВСН  
25-86).

Автобусные остановки размеща-  
ют на прямых участках и кривых  
в плане радиусом не менее 1000 м  
для дорог I и II категорий, 600 м –  
для дорог III категории с уклоном  
не более 40‰. На подъемах авто-  
бусные остановки располагают на  
вершине подъемов с устройством  
уширений или на расстоянии 250 м  
до начала подъема. На дорогах  
I категории остановки должны быть  
одна против другой с устройством  
подземного или надземного перехо-  
да и установкой барьера на раздели-  
тельной полосе. На дорогах II–V  
категорий остановки смещают по  
ходу движения: для дорог II и III  
категорий – на 100–120 м, для дорог  
IV и V категорий – не меньше чем на  
30 м. На междугородных дорогах  
в зоне автобусных остановок устраи-  
вают переходно-скоростные поло-  
сы (рис. 16.2).

Остановочные площадки на доро-  
гах I–б – III категорий устраивают по

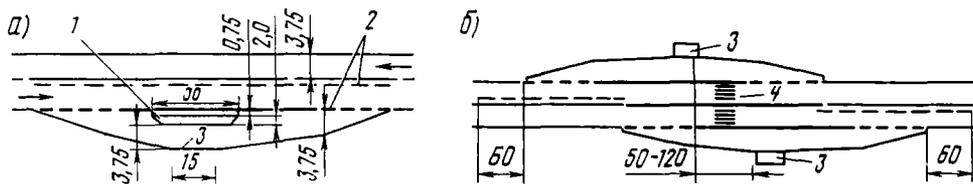


Рис. 16.2. Обустройство автобусных остановок:

а) дороги II категории; б) дороги III и IV категорий; 1—островок безопасности; 2—разметка проезжей части; 3—посадочная площадка или автопавильон; 4—разметка пешеходного перехода

типу закрытого кармана или полукармана и отделяют от проезжей части разделительной полосой, островками или линиями разметки, а на дорогах I-а категории располагают вне пределов земляного полотна и отделяют от проезжей части разделительной полосой.

Дорожный сервис предусматривает также бытовое, продовольственное, торговое, медицинское, культурное обслуживание водителей и пассажиров. Основу бытового обслуживания составляет комплекс зданий и сооружений, включающих мотели и кемпинги, оборудованные всем необходимым для отдыха проживающих.

*Мотели* предназначены для продолжительного отдыха водителей и пассажиров, работают круглый год, *кемпинги* — для продолжительного отдыха водителей и пассажиров, как правило, в теплый период года. Мотели и кемпинги обычно располагают в живописной местности, расстояние между ними не должно превышать 500 км.

Продовольственное обслуживание включает сеть ресторанов, столовых, кафе, буфетов или продуктовых ларьков, а торговое обслуживание — пункты торговли (киоски, павильоны, торговые автоматы), в которых продают туристические принадлежности, предметы личной гигиены и т. д.

Обязательной частью дорожного сервиса является медицинское обслуживание. Медицинская помощь участникам дорожного движения может быть оказана медицинскими учреждениями, расположенными на

небольшом удалении от дороги; дорожными санитарными постами, которые создают в дорожных организациях на добровольных началах; работниками ГАИ, автотранспортных и дорожных организаций, имеющими аптечки для оказания первой медицинской помощи.

Функции дорожных клиник пока выполняют районные клиники, размещаемые в населенных пунктах. Медицинские пункты создают при автовокзалах, автобусных станциях, станциях технического обслуживания, в населенных пунктах. Они обязаны оказывать также скорую медицинскую помощь по вызову ГАИ или травмированным пассажирам на месте возникновения ДТП.

В комплекс культурно-эстетического обслуживания входят видовые площадки, площадки-стоянки, площадки для кратковременного и длительного отдыха. *Видовые площадки* создают в местах, на которых можно показать живописную местность, архитектурный бассейн, горы, леса, ущелья и т. д. Обычно это возвышенные точки, перевалы, переходы выемок в насыпи. На видовых площадках делают уширения для кратковременной остановки нескольких автомобилей.

*Площадки для кратковременной остановки* предусматривают у пунктов питания, торговли, скорой помощи, источников питьевой воды и в местах, где систематически останавливаются автомобили. На дорогах I—III категорий их размещают за пределами земляного полотна.

*Площадки отдыха* устраивают через 15–20 км на дорогах I и II кате-

горий, через 25–35 км на дорогах III категории и через 45–55 км на дорогах IV категории. Площадки отдыха рассчитывают на одновременную остановку 20–50 автомобилей на дорогах I категории ири интенсивности движения до 30 000 авт./сут, 10–15 автомобилей на дорогах II и III категорий и 10 автомобилей на дорогах IV категории. При двустороннем размещении вместимость уменьшают вдвое. На территории площадок отдыха целесообразно иметь эстакады или смотровые ямы для автомобилей. Для площадок отдыха выбирают прямые участки с небольшим продольным уклоном (не более 3‰) с обеспеченным водоотводом и ровной сухой поверхностью земли. Площадки отдыха следует устраивать у источников воды, соблюдая требования охраны окружающей среды.

Площадка отдыха в зависимости от формы зоны стоянки может быть фронтального (линейного) или тупикового типа. Фронтальная планировка требует меньшего отвода земли, поэтому более распространена. Тупиковую планировку применяют в тех случаях, когда места, наиболее пригодные из эстетических, санитарно-гигиенических или иных соображений, находятся невдалеке, но все же за пределами основной полосы отвода. Тупиковая схема целесообразна в лесу, если в стороне от дороги лежит поляна, озеро, брошенный карьер; в степи, при постройке площадки позади снегозащитной или полезащитной полосы; в горах, если удобное для площадки место значительно ниже или выше дороги.

Сооружения обслуживания обычно объединяют в комплексы, формируя их вокруг сооружений отдыха и автозаправочных станций. Площадки отдыха, автозаправочные станции, мотели и кемпинги определяют размещение комплексов службы сервиса на дорогах (рис. 16.3).

Примерный состав комплексов службы сервиса различного вида: комплекс 1а–площадка отдыха и туалет; комплекс 1б–площадка отдыха и туалет, сооружение для технического самообслуживания, пункт торговли; комплекс 2а–автозаправочная станция и туалет, пункт питания, пункт торговли; комплекс 2б–автозаправочная станция и туалет, пункт питания, пункт торговли, станция технического обслуживания; комплекс 3а–кемпинг, пункт питания, пункт торговли, автозаправочная станция, станция технического обслуживания; комплекс 3б–мотель, пункт питания, пункт торговли, автозаправочная станция, станция технического обслуживания.

Могут быть и другие принципы объединения в единый комплекс различных сооружений дорожного сервиса. Например, на дороге Москва–Ленинград построен комплекс, включающий стоянку для автомобилей, жилые домики, кафе, магазин и другие сооружения для обслуживания проезжающих (рис. 16.4).

В связи с развитием международного автотуризма возникла необходимость оборудовать и обустроить пограничные переходы на автомобильных дорогах в соответствии с Рекомендациями по обустройству пограничных контрольно-пропускных пунктов на международных до-



Рис. 16.3. Принципиальная схема размещения комплексов дорожного сервиса на международных автомобильных магистралях

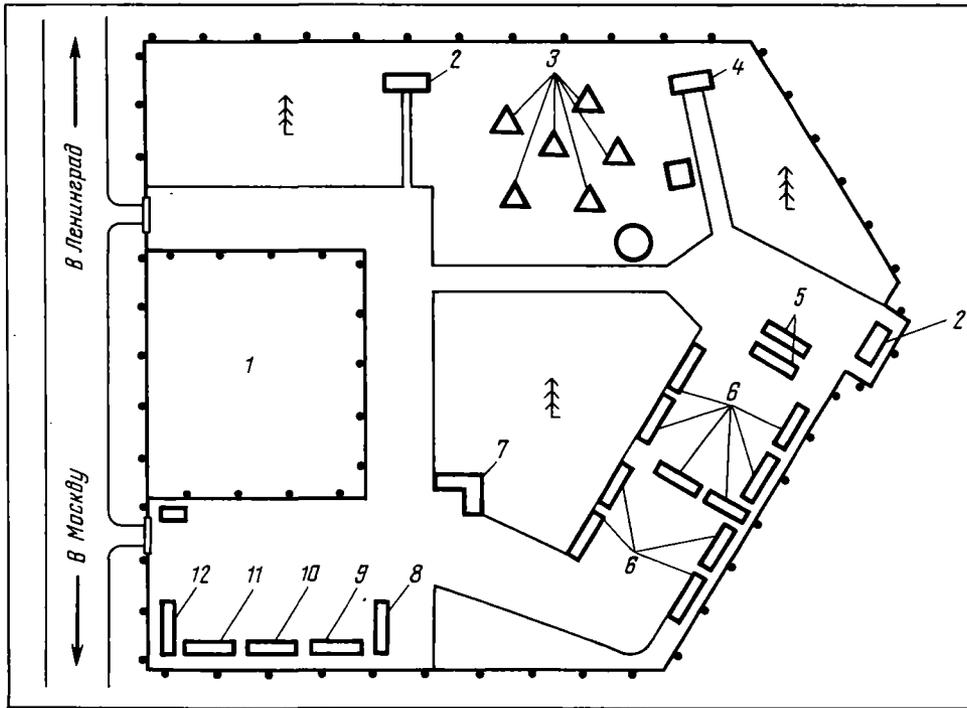


Рис. 16.4. Схема комплекса дорожного сервиса:

1 – стоянка автомобилей; 2 – туалет; 3 – летние домики; 4 – насосная артезианская скважина; 5 – баня-сауна; 6 – жилые домики; 7 – кафе; 8 – магазин; 9 – склад; 10 – медпункт; 11 – администрация; 12 – почта

рогах стран – членов СЭВ. Примерный состав зданий и сооружений показан на рис. 16.5.

Линейные посты ГАИ размещают на дорогах в соответствии со специальными требованиями. У постов ГАИ устраивают площадку для остановки не менее 10 автомобилей, которую располагают за помещением поста по ходу движения.

### Связь на автомобильных дорогах.

Эффективная эксплуатация дорог немыслима без хорошо организованной связи. Дорожная служба объединяет много организаций, между которыми ежечасно может возникнуть потребность в связи, вызванная ДТП, стихийным бедствием, производственной необходимостью. Поэтому оборудование дорог связью

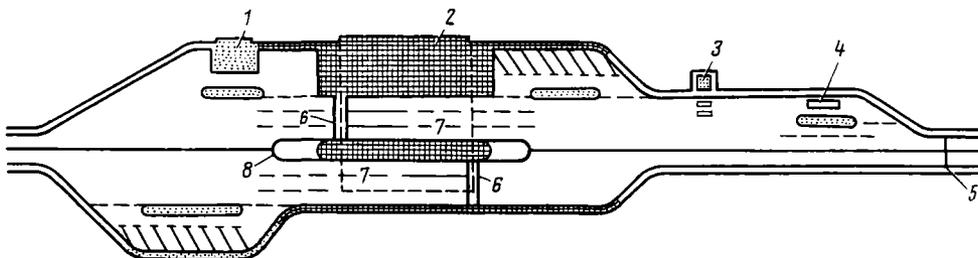


Рис. 16.5. Принципиальная схема пограничного контрольно-пропускного пункта одностороннего типа:

1 – здание специального таможенного контроля легковых автомобилей; 2 – головное здание; 3 – весы; 4 – дезинфекционное корыто; 5 – предохранительные шлагбаумы; 6 – рабочие шлагбаумы; 7 – контрольные павильоны; 8 – направляющий островок

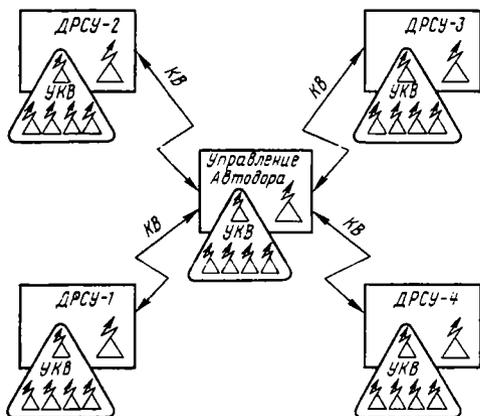


Рис. 16.6. Схема организации радиосвязи Автодора

составляет одну из актуальнейших задач.

Особо остро потребность в срочной связи возникает в период заносов, гололеда, оползней, паводков. При этом весьма необходимой является связь с машинистами дорожных машин. С ростом интенсивности движения увеличивается роль связи в организации дорожного движения, в принятии быстрых решений по регулированию, ликвидации заторов и последствий ДТП на отдельных местах.

В настоящее время дорожные министерства республик для связи с упрдорами и ДЭУ используют телефонную, телетайпную и телеграфную связь Министерства связи СССР. Большое значение имеет ведомственная линейная телеграфная связь на главнейших автомобильных магистралях, созданная совместно с органами внутренних дел. Такая связь в настоящее время действует на многих магистральных автомобильных дорогах СССР. Дорожно-участковая связь позволяет иметь непосредственную телефонную связь между ДУ и ДРСУ. Для внутренней связи упрдоров с ДУ, ДРП, мастерами, подвижными объектами, ремонтными бригадами, механизированными бригадами находят широкое применение радио- и радиорелейная связь.

Для связи с отдельными ДРСУ можно использовать радиостанции с радиусом действия до 200 км (рис. 16.6). Связь ДУ с близко расположенными ДРП, а также ДРП с подвижными бригадами и звеньями возможна с помощью радиостанций радиусом действия до 100 км. Для связи в радиусе 30–40 км нашли применение коротковолновые и ультракоротковолновые передвижные радиостанции. При выполнении ремонтных работ на коротких участках эффективны маломощные передвижные радиостанции. С центрального пункта осуществляется управление работой дорожных машин. Дальность радиосвязи с радиостанциями УКВ-диапазона обеспечивается стационарными радиомачтами высотой до 42 м. Такая радиосвязь позволяет принять срочные меры при ДТП, сложных погодных ситуациях, вызвать ГАИ, медицинскую помощь.

Большое значение приобретает связь при организации и безопасности движения (сигнально-вызывная связь – СВС), применяемая на дорогах общегосударственного значения с высокой интенсивностью движения. Сигнально-вызывная связь позволяет соединять лиц с переговорных телефонных колонок, располагаемых на дороге через 2–5 км, с дежурным ГАИ, а также вызов с колонок и выход через центральный пульт управления на оперативно-диспетчерскую связь. Диспетчерский пункт, получив сигнал с дороги, имеет возможность быстро соединиться с постами ГАИ, пунктами технической и медицинской помощи.

Проводится большая работа по созданию унифицированной системы сигнально-вызывной связи на дорогах страны (код «Трасса»). Прошли опытные испытания системы сигнально-вызывной связи «Трасса» на ряде дорог, которые показали высокую ее надежность и достаточную оперативность. Система «Трасса» обслуживает два плеча, по 100 км каждое с 50 колонками. Она состоит из пульта управле-

ния (80 × 32 × 30 см), двух щитовнемосхем и шкафа с коммутационным оборудованием. В линии может быть и более 100 колонок.

Для повышения безопасности дорожного движения пропускной способности дорог создаются каналы телемеханики. Эта система предусматривает установку на дорогах световых табло и дистанционное управление. Она позволяет диспетчеру по организации движения иметь полное представление о параметрах транспортных потоков на дороге.

## 16.2. Охрана природы при эксплуатации дорог

**Охрана природной среды при выполнении ремонта и содержания дорог.** Важная задача дорожной службы – охрана природной среды при эксплуатации дорог [22]. Она разделяется на две части: первая включает комплекс мер, принимаемых для защиты природной среды от отрицательного воздействия автомобилей, вторая – меры по защите природной среды от отрицательного влияния самой дороги и от работ по ее ремонту и содержанию от деятельности дорожных производственных предприятий. Под окружающей средой в данном случае понимается придорожный комплекс, включающий в себя воздушный и водный бассейны, почвы, ландшафт, сельскохозяйственные угодья, растительность (флора) и животный мир (фауна).

Отрицательное воздействие на окружающую среду оказывают выбросы автомобилей, содержащие бензпирен и свинец. Если принять содержание бензпирена в почвах в 3 км от дороги за эталон, то его концентрация возрастает в 3–4 раза на расстоянии 100 м и в 6–10 раз в 20 м. Глубина проникания бензпирена в почву до 1,5–2 м. Особо опасно наличие соединений свинца. Около 1 т свинца 1000 автомобилей за год выбрасывают в атмосферу.

При этом примерно 70% свинца, содержащегося в бензине, выбрасывается в атмосферу, в том числе около 40% находится во взвешенном состоянии, а 30% попадает на почву. Пробы грунта показали, что вблизи дороги оседает около 50% свинца.

Концентрация свинца в воздухе достигает 0,05–0,5 мг/м<sup>3</sup> в зависимости от интенсивности движения. Свинец оседает на проезжую часть; он попадает в почву, воду, на растения. У дороги концентрация свинца в почве составляет 50–100 мг в 1 м<sup>3</sup> почвы, на расстоянии 100 м она равна 1–2 мг/м<sup>3</sup>. Если принять содержание свинца в почве за 100% на расстоянии 5 м от дороги, то на расстоянии 10 м концентрация снижается до 10–15%, а на расстоянии 20 м составляет только 5%.

С целью снизить степень загрязнения придорожной зоны соединениями свинца и уменьшить ширину зоны, в пределах которой содержание свинца в почве и растительности превышает допустимые концентрации, создают зеленые полосы не менее чем из двух рядов кустарника и двух-трех рядов деревьев; ширина зеленых полос не менее 5 м, высота не менее 6 м. Расстояние от бровки земляного полотна до границы посадки определяется условиями снеготранспортировки дороги. Дорога также оказывает воздействие на природную среду: химическое – испарение легколетучих токсических веществ из покрытий, обработанных вяжущими; физическое – образование пыли. Дорога нарушает ландшафт при недостаточно обоснованном трассировании.

Хлористые соли, применяемые при борьбе с зимней скользкостью, негативно влияют на растительность, почву, воздушную среду. Производство ремонтно-строительных работ сопровождается образованием пыли, шумом, токсическим выбросом дорожными машинами и автомобилями отработавших газов, выделением токсических веществ от применяемых вяжущих. В местах стоянок грузовых транспортных

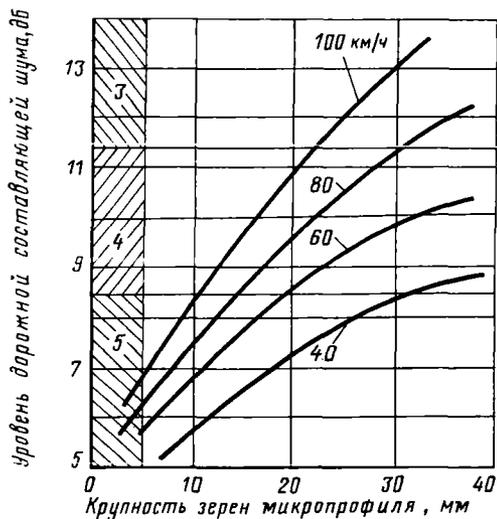


Рис. 16.7. Зависимость уровня шума от скорости движения, крупности зерен микропрофиля покрытия и качества покрытия

средств почва загрязняется отработанными маслами, а территория у автопавильонов, мест стоянки пассажирского транспорта — различными отходами.

Нарушение окружающей среды происходит вследствие создания в придорожной полосе производственных баз дорожной службы: битумных баз, асфальто- и цементобетонных заводов, карьеров, камнедробильных цехов. На значительном отдалении от них создаются загазованные и запыленные зоны, повышается уровень шума, загрязняются водоемы и почва от сбросов промышленных вод.

Наличие пыли на дорогах низших категорий сокращает видимость до 50–100 м. Длина пыльного шлейфа может быть от 20 до 200 м. Пыль адсорбирует химические элементы, содержащиеся в воздухе от выброса газов транспортными средствами. Сочетание такой смеси приводит к заболеваниям. Предельно допустимая концентрация (ПДК) кристаллической двуокиси кремния колеблется от 1 мг/м<sup>3</sup> при содержании ее в пыли 70% до 10 мг/м<sup>3</sup> для каменного угля с содержанием SiO<sub>2</sub> не менее 2%.

По данным исследований на расстоянии 25 м от дороги концентрация пыли на сельскохозяйственных культурах колеблется от 1 до 5 г/м<sup>2</sup> площади, что приводит к уменьшению урожайности в 2–3 раза. Поэтому при эксплуатации дорог одна из главных задач — регулярная очистка дорог и мойка усовершенствованных покрытий. На дорогах с переходными и низшими типами покрытий необходимо систематическое обеспыливание.

Строительство автомобильной дороги может нарушить естественные пути миграции животных и насекомых. Чтобы обеспечить свободное передвижение животных через дорогу, в местах их обитания устраивают проходы или используют скотопрогоны и трубы большого диаметра, ограждения в виде сетки, которые предотвращают выход животных на дорогу и направляют их к проходу.

**Снижение транспортного шума и загазованности.** Производственный шум от автомобильного движения и дорожных факторов — постоянно действующий и трудно устранимый фактор. Внутренний шум испытывают водители автомобилей и дорожных машин, рабочие АБЗ, карьеров и других производственных предприятий, внешний — люди и животные, находящиеся за пределами источников шума.

Шум оценивают уровнем силы, громкостью звуков, давлением и частотой. Чем выше частота, тем опаснее становится воздействие шума на нервную систему человека. В современных грузовых автомобилях внутренний уровень звукового давления составляет  $L = 50 \div 100$  дБ при движении по асфальтобетонному покрытию со скоростью 50–60 км/ч, что превышает допустимые уровни. С увеличением скорости или при движении по неровным покрытиям  $L$  возрастает; особенно сила звука возрастает при движении автомобилей на переломах продольного профиля, разгоне с места. Автобусы на подъемах и спусках

развивают уровень звукового давления до 90–100 дБ. Внешний уровень шума в дополнении к внутреннему зависит от скорости автомобиля, ровности покрытия и крупности зерен микропрофиля (рис. 16.7).

Если за эталон принять уровень шума для гладкого покрытия (литой асфальт), то мелкозернистый асфальтобетон вызывает дополнительный шум в 2,5–3 дБ, среднезернистый – 5 дБ, крупнозернистый – 9 дБ, цементобетонное бесшовное покрытие – 5 дБ, а при наличии швов – 8 дБ.

Ровность также влияет на уровень шума. По предварительным данным повышение ровности покрытий может снизить уровень шума на 2,5–3 дБ, устранение весенней ямочности – на 4–5 дБ. В местах производства работ уровень шума достигает от экскаваторов 120 дБ, бульдозеров и автогрейдеров – 110–120 дБ, кранов и дизель-молотов – 130 дБ, тракторов – 100–120 дБ.

Уровень шума на дорогах обычно составляет 80–90 дБ, что выше санитарных норм, по которым для районов жилых застроек допустимый уровень шума 45 дБ.

Снизить уровень шума на 3–6 дБ можно за счет повышения ровности, снижения крупности зерен микропрофиля покрытий, обеспечения поверхностного стока, добавкой резиновой крошки для эластичности в асфальтобетонные смеси. В пределах жилой зоны рекомендуются

покрытия из мелкозернистого асфальтобетона, а для поверхности обработок – щебень не крупнее 10 мм. Если уровень шума выше допустимых пределов не более чем на 3 дБ, его можно снизить средствами организации движения: снижением скоростей, уменьшением задержек на пересечениях, обеспечением постоянной скорости автомобилей без переключения передач и т. д. Снижение средней скорости на 10 и 20 км/ч приводит к уменьшению уровня звука соответственно на 1,5 и 3,5 дБ.

Для снижения уровня шума в пределах населенных пунктов устраивают шумозащитные барьеры, грунтовые валы и зеленые насаждения. Шумоотражающие барьеры большой массы создают требуемую звукоизоляцию при заданном снижении уровня звука в соответствии с Указаниями по обеспечению безопасности движения на автомобильных дорогах (ВСН 25-86). Минимальная длина шумозащитного барьера за пределами жилой застройки должна быть не менее 100–150 м.

Шумозащитные зеленые насаждения должны обеспечивать смыкание пространства под проездами до поверхности зелени или заполнять его густым кустарником (рис. 16.8). Высота деревьев и шумозащитных посадок должна быть не менее 5–8 м, а ширина каждой полосы – не менее 8 м. Полосы зеленых насаждений

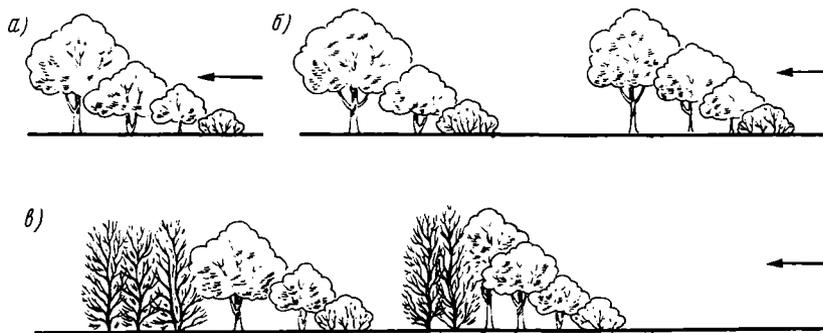


Рис. 16.8. Конструкции шумозащитных зеленых насаждений:

*a* – однорядная полоса с плотным примыканием кроен; *б* – двухрядная полоса; *в* – сочетание лиственных и хвойных пород

располагают как можно ближе к дороге, но не ближе 9–10 м от кромки проезжей части из условий безопасности движения. По данным канд. техн. наук П. И. Пospelова, придорожная однорядная лесная полоса с кустарниковой посадкой снижает уровень шума примерно на 2 дБ, пятирядная полоса шириной до 20 м – до 12 дБ [48]. Сплошные без разрывов лесные полосы одновременно выполняют функции газозащитных и поглотительных экранов. Такие экраны выше 3–4 м понижают уровень шума на 5–10 дБ. Необходимо отметить, что в различные сезоны года из-за разной степени облиствления эффект от таких экранов неодинаков. Стабильный сезонный эффект шумозащиты достигается от живых изгородей из лиственных пород.

Основные мероприятия, снижающие загазованность автомобильных дорог: снижение продольного уклона, чтобы уменьшить выбросы автомобилей; поддержание проезжей части в чистоте; регулирование скорости; устройство газозащитных полос зеленых насаждений и др.

Регулирование состава, интенсивности и скорости движения может дать большой эффект в снижении выбросов. Легковые автомобили среднего класса выбрасывают CO 26 г/км, NOx – 1,1 г/км и CH – 2,5 г/км. По CO грузовые автомобили с карбюраторными двигателями при полной грузоподъемности выбрасывают в среднем от 100 до 200 г/км, с дизельными – 13–25 г/км, легковые – 20–60 г/км. Дизели по объему выбрасывают CO в 10–15 раз меньше, чем автомобили с карбюраторными двигателями. Грузовые автомобили с карбюраторными двигателями выбрасывают CO в 3–7 раз больше, чем легковые. На объем выбросов существенно влияет скорость и ее изменение.

Минимальные объемы выбросов происходят при равномерной скорости движения на четвертой передаче. При разгоне выброс CO увеличивается на 40%, а CH – в 2 раза; при

замедлении CH возрастает в 3–10 раз. Снижение загазованности достигается повышением пропускной способности и улучшением геометрических элементов дорог, что обеспечивает равномерную скорость.

Особенно важно при ремонте улучшать продольный профиль отдельных участков. Он должен быть таким, чтобы на подъемах обеспечивалась равномерная скорость, при которой будет минимальным выброс токсичных соединений. Большую загазованность окружающей среды вызывает работа асфальто-смесителей на АБЗ, котлов для приготовления вяжущих эмульсий. Для снижения выброса газов все установки надо снабжать пыле- и газоуловителями.

**Противоэрозионное озеленение.** Откосы насыпей и водоотводных канав, склоны оврагов и балок в полосе отвода подвержены водной и ветровой эрозии. Одно из основных мероприятий, предупреждающих эрозионные процессы, – озеленение склонов долин, балок и оврагов; его проводят с целью защиты дорог от разрушительного действия растущих оврагов, размыва непосредственно водными потоками, размыва и разрушения селевыми потоками, а также в борьбе с оползнями. Противоэрозионные и противооползневые насаждения создают по специально разработанному проекту.

Приовражные лесные полосы размещают вдоль бровок оврагов и выше вершины на 30–50 м. Ширину таких полос принимают от 20 до 50 м, учитывая изрезанность ложбинами и промоинами прилегающих склонов, а также общий характер рельефа местности в отношении направления в концентрации поверхностного стока.

Противоэрозионное озеленение оврагов, склонов долин и балок следует сочетать с простейшими гидротехническими сооружениями: обвалованием для отвода стока от размываемых вершин, устройством водосбросных лотков, запруд и т. д. В этом случае в степной зоне ширина

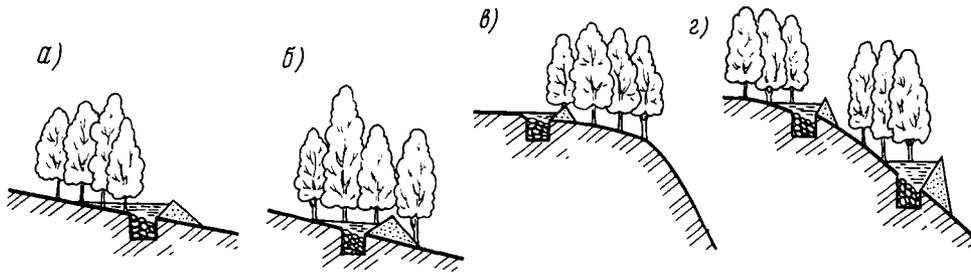


Рис. 16.9. Варианты сочетаний лесных полос с канавами-валами на склонах

противоэрозионных лесных полос колеблется от 6 до 12 м, в лесостепной – от 7,5 до 12,5 м.

Как правило, водозадерживающие и водонаправляющие валы или валы-канавы размещают по нижней окраине водорегулирующих или прибалочных лесных полос (рис. 16.9, а), что создает наилучшие условия регулирования стока (задержание и отвод воды под пологом местных полос). На особо ценных участках склонов, на которых размещаются сады, виноградники и другие культуры, чтобы уменьшить занимаемую площадь, канавы располагают в самой лесной полосе (рис. 16.9, б). Создавая лесные полосы на крутых берегах малых и средних рек, на склонах карьеров или крутых приовражных склонах, канавы и валы размещают на верхней опушке насаждений (рис. 16.9, в). В прибалочных лесных полосах, состоящих из двух лент, канавы и валы размещают по нижним участкам обеих лент (рис. 16.9, г). Рабочую высоту валов принимают 0,3–1,0 м, заложение откосов – 1:1,5–1:2, ширину канав – 0,8–1,0 м, глубину – 1–1,5 м. Канавы заполняют шлаком, пустой породой терриконов, промышленных отходов, соломой или хворостом.

Для защиты от размыва откосов дамб и насыпей на затопляемых поймах рек преимущественно высаживают местные кустарники и древовидные ивы, размещая их полосами вдоль откосов в пределах высшего и низшего уровней воды. Посадки проводят весной, начиная от

линии высшего уровня воды и продолжая по мере ее спада. Для защиты дорог от размыва и разрушения селевыми потоками высаживают массивные насаждения на селеопасных склонах гор в сочетании с техническими укрепительными мероприятиями. Озеленение откосов – один из надежных способов устранения водной и ветровой эрозий. Для борьбы с эрозией применяют травяной и древесно-кустарниковый покров. Травяной покров получают выращиванием газонов. Высокие крутые откосы закрепляют также гидропосевом. Для этого механизированным способом наносят на откосы тщательно подготовленную перемешанную смесь семян многолетних трав, минеральных удобрений, мульчирующих материалов и воды.

В качестве мульчи обычно применяют торфокрошку. Она ускоряет прорастание трав.

Откосы закрепляют природным или выращенным дерном. В первом случае одерновки нарезают пласты дерна, плотно укладывают и обильно поливают первые 10–12 дней.

Откосы полотна для защиты от эрозии также укрепляют посевом быстрорастущих пород – акации белой, аморфа, дерезы обыкновенной. Такие посадки делают густыми с междурядьем в 2,5–3 м. Откосы на затопляемых поймах укрепляют кустарниковыми и древовидными ивами. На оползневых склонах сажают породы деревьев, которые поглощают много влаги и иссушают почву (тополь).

**Агрессивные свойства хлоридов и меры по защите от их воздействия.** Хлориды оказывают отрицательное воздействие на автомобили, дорожные машины и дорожные конструкции, меры борьбы с этим воздействием изложены в п. 10.3. Хлориды, применяемые для борьбы с гололедом, могут нанести вред окружающей природе в прилегающей к дороге местности.

Исследования Гипродорнии<sup>1</sup> показали, что соли, используемые при зимнем содержании дорог, в лесостепной и степной зоне распространяются на расстоянии не менее 150 м от проезжей части, поскольку здесь нет экранирующего действия лесов. В то же время снегоуборочные машины могут отбрасывать с дороги снег с противогололедными солями на расстояние до 50 м.

При соблюдении норм россыпи противогололедных солей и требований технологии их применения состояние придорожной растительности на расстоянии 10–30 м от дороги даже более удовлетворительное, чем в фоновых условиях (100–120 м от дороги). Это объясняется увеличением содержания в

почве элементов биофилов (кальция и микроэлементов), несмотря на систематическое поступление с дороги натрия и хлора.

Вместе с тем установлено, что увеличивается содержание поглощенного кальция в почвогрунтах, развитых на покровных суглинках и песках, по мере приближения к проезжей части. Однако содержание иона хлора в таких почвах не превышает предельно допустимых концентраций. Опасное накопление ионов натрия наблюдается в средне-суглинистых черноземах. В 5 м от дороги количество поглощенного натрия здесь может достигать 10–20% емкости поглощения. Сезонное поступление в почву избыточного количества ионов натрия в сочетании с многократным чередованием процессов засоления и рассоления может привести к постепенному насыщению поглощающего комплекса придорожных почв натрием, т.е. к осолонцеванию.

Поэтому необходимо строго соблюдать установленные нормы распределения противогололедных химических реагентов, выполнять правила их хранения и транспортировки. Нужны дальнейшие исследования для разработки более эффективных мер снижения отрицательного воздействия противогололедных материалов.

<sup>1</sup> Мазепова В. И., Бережная Ю. А., Александровская Е. И. Применение хлоридов для борьбы с гололедом и их воздействие на окружающую среду // Автомобильные дороги, 1986. № 10. С. 11–14.

## Глава 17

**ОРГАНИЗАЦИЯ ДОРОЖНОЙ СЛУЖБЫ****17.1. Управление автомобильными дорогами СССР и основные задачи дорожной службы**

**Задачи и структура дорожных организаций.** Дороги общего пользования в Советском Союзе находятся в ведении Советов Министров союзных республик. Непосредственное управление функционированием автомобильных дорог и дорожными организациями в каждой союзной республике осуществляет соответствующий республиканский орган на уровне комитета или министерства: республиканские комитеты по транспорту, министерства автомобильных дорог (минавтодоры), министерства строительства и эксплуатации автомобильных дорог (миндорстрой), министерства автомобильного транспорта и шоссейных дорог (минавтошосдоры) и др.

На всех дорогах общего пользования создана дорожная служба, которая отвечает за своевременное и качественное выполнение работ по содержанию и ремонту дорог, организации и обеспечению безопасности движения на них. В настоящее время идет перестройка системы управления дорожным хозяйством страны и окончательная структура органов управления еще не сформировалась.

Координацию основных направлений совершенствования эксплуатации дорог осуществляет Коорди-

национный совет по вопросам деятельности дорожных организаций союзных республик в части ремонта и содержания автомобильных дорог при Минавтодоре РСФСР.

Организационная структура органов управления дорожным хозяйством и дорожных организаций в союзных республиках различна и периодически изменяется. В республиках, имеющих большую территорию и сложное административное деление (РСФСР, УССР, БССР, КазССР), министерства, ведающие автомобильными дорогами, имеют ряд подразделений, одно из которых, как правило, обслуживает только общегосударственные дороги, другие – остальную сеть. В республиках с небольшой территорией и сравнительно простым административным делением имеется одно подразделение, управляющее всеми нижестоящими дорожными эксплуатационными организациями. Производственные дорожные организации, занимающиеся обслуживанием общегосударственных дорог, обычно построены по линейному принципу, в основном же применяется территориальный принцип.

Например, Минавтодор РСФСР по территориально-производственному принципу осуществляет строительство автомобильных дорог республиканского и местного значения и эксплуатацию всех дорог общего пользования на территории РСФСР (рис. 17.1).

В каждой автономной республике, крае или области имеется проектно-ремонтно-строительное объедине-

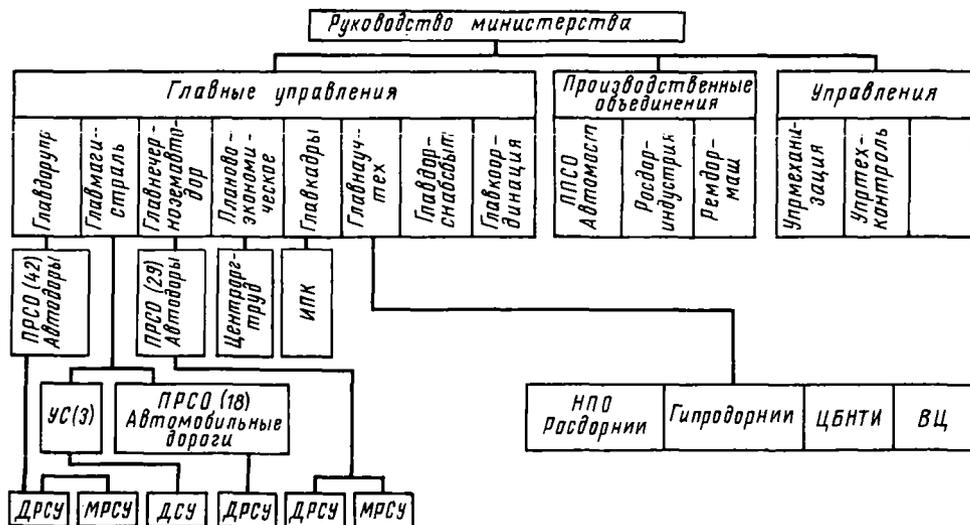


Рис. 17.1. Структура Министерства автомобильных дорог РСФСР

ние автомобильных дорог (ПССО Автодор) по строительству и эксплуатации автомобильных дорог. В автодорах производственными единицами являются дорожно-строительные управления (ДСУ) и дорожные ремонтно-строительные управления (ДРСУ).

Эксплуатацию автомобильных дорог общегосударственного значения на территории РСФСР осуществляет Главное управление по строительству и эксплуатации автомобильных дорог общегосударственного значения (Росавтомагистраль). Основные организации Росавтомагистрали – ПССО автомобильные дороги, которые осуществляют эксплуатацию дорог по линейному или территориальному принципу. В состав Росавтомагистрали входят также управления строительством (УС). Учитывая все возрастающее значение обустройства дорог в Минавтодоре РСФСР создано производственное объединение Автодорсервис, в задачу которого входит строительство и эксплуатация объектов дорожного сервиса собственными силами, координация деятельности организаций и предприятий других министерств по созданию дорожного сервиса, пре-

доставление услуг участникам движения.

В Миндорстрое СССР производственное объединение «Автомагистраль» имеет управления дорог, которые выполняют работы по ремонту и содержанию дорог общегосударственного значения. Строительство и реконструкцию дорог общегосударственного значения осуществляет ПО «Дормостострой». Строительство, ремонт и содержание дорог республиканского, областного и местного значений выполняют производственные объединения облавтодоров. В их состав входят районные дорожные ремонтно-строительные управления (райДРСУ) или участки (райДУ). В некоторых областях имеются ДРСУ.

В Миндорстрое Белорусской ССР действует Республиканское проектно-ремонтно-строительное объединение «Автомагистраль» и облдорстрой, включающие ДРСУ и дорожно-эксплуатационные участки (ДЭУч).

Строительство и реконструкцию дорог осуществляют дорожно-строительные тресты.

Минавтодор КазССР строительство и реконструкцию автомобильных дорог осуществляет через до-

рожно-строительные и специализированные тресты. Содержанием и эксплуатацией дорог занимаются облавтодоры (дороги республиканского и местного значения) и линейные эксплуатационные управления автомобильных дорог (ЛЭУАД) — дороги общегосударственного значения. В их составе производственными единицами являются ДЭУч и районные производственные дорожные участки (райавтодоры).

В других союзных республиках на краевом и областном уровнях управления основными организационными формами дорожного хозяйства являются облавтодоры, упрдоры — линейные эксплуатационные управления автомобильных дорог и дорожно-строительные тресты.

Дорожная служба обеспечивает постоянный надзор за техническим состоянием дорог и дорожных сооружений, наблюдает и оценивает это состояние, разрабатывает и осуществляет перспективные и годовые планы повышения технического уровня и эксплуатационного состояния дорог и дорожных сооружений, безопасности движения транспортных средств и пешеходов; выявляет опасные для движения участки, в том числе в различные периоды года, разрабатывает и осуществляет мероприятия по улучшению организации и повышению безопасности движения, ведет учет и анализ дорожно-транспортных происшествий; принимает необходимые меры по предотвращению аварий, перерывов и ограничений движения, сезонных деформаций и ликвидации последствий стихийных бедствий, своевременно информирует участников движения и заинтересованные организации об условиях движения на дорогах.

Дорожно-эксплуатационные организации ведут технический учет и паспортизацию дорог и дорожных сооружений, а также учет движения, создают банки данных о состоянии дорог и мостов, информационно-поисковые и другие автоматизированные системы управления функциони-

рованием дорог; периодически проводят инструментальную проверку состояния дорог и дорожных сооружений и прежде всего оценку прочности дорожной одежды, проверку грузоподъемности мостов и их общего технического состояния, выполняемую мостоиспытательными станциями.

Наличие различных документов о состоянии дорог и автоматизированных систем не заменяет и не исключает визуального повседневного осмотра дорог, наблюдения за состоянием дорог и сооружений, которое меняется непрерывно под воздействием движения и климатических факторов, а также при ДТП и внезапных повреждениях или разрушениях дорог транспортными средствами.

Дорожная служба разрабатывает задания на проектирование инженерного и архитектурно-художественного обустройства дорог, проводит и организует выполнение работ по благоустройству, архитектурно-художественному оформлению, декоративному и снегозащитному озеленению дорог; совместно с органами Министерства внутренних дел и исполкомами местных Советов народных депутатов обеспечивает охрану дорог и сооружений; контролирует соблюдение Правил пользования и охраны автомобильных дорог и дорожных сооружений, разрабатывает и осуществляет меры по охране окружающей среды и рациональному использованию природных ресурсов при ремонте и содержании дорог.

**Структура низовых организаций дорожной службы.** Обязанности, возложенные на подразделения, обслуживающие дороги и сооружения, выполняют: дорожные ремонтно-строительные управления и участки (ДРСУ и ДРСУч), дорожно-эксплуатационные участки (ДЭУ), управления автомобильных дорог (УАД), эксплуатационные линейные управления автомобильных дорог (ЭЛУАД), ремонтно-строительные управления (РСУ), производствен-

Таблица 17.1

Подразделения дорожной службы	Примерная протяженность участков, км, при категории дороги и типе покрытия				
	I	II	III	IV	V
	капитальные	облегчен- ные	переход- ные	низшие	
Основное звено: при линейном принципе	100–170	170–260	170–260	210–260	—
при территориальном принципе	250–300	250–300	250–300	250–300	250–300
Низовое звено	30–40	40–55	55–70	70–90	80–100

Примечания: 1. Меньшие значения принимают для участков с интенсивностью движения, близкой к верхним пределам для соответствующих категорий дорог; в горной местности, в районах со снежными или песчаными заносами, в местах, подверженных размывам, оползням или просадкам; участков, имеющих сложные инженерные сооружения (тоннели, галереи, подпорные и одевающие стены, берегоукрепительные, противооползневые и другие конструкции).

2. Протяженность участков дорог I категории дана для дорог с четырьмя полосами движения. При шести или восьми полосах протяженность дорог снижается соответственно на 0,7 или 0,5.

ные дорожные участки (ПДУ и рай-автодороы), дорожно-эксплуатационные строительные участки (ДЭСУ), районные дорожные эксплуатационно-строительные участки (РДЭСУч), дорожные участки (ДУ) и др. Указанные подразделения являются производственно-хозяйственными единицами дорожной службы на дорогах общего пользования.

Во многих случаях основной формой организации дорожной службы является прорабство по содержанию и озеленению дорог, в состав которого входят мастерские участки: по содержанию покрытий и искусственных сооружений, содержанию земляного полотна, обстановки пути, автопавильонов и площадок отдыха, озеленению и борьбе с сорной растительностью и др.

Протяженность участков, обслуживаемых подразделениями дорожной службы, зависит от категории дороги, климатических особенностей и типов покрытий, начертания сети автомобильных дорог в соответствии с решением вышестоящих организаций и с учетом СНиП 2.05.02-85 (табл. 17.1).

Мастерские участки обслуживают от 30 до 100 км дорог. Число таких участков в прорабстве зависит от местных условий и объемов работ.

В ряде союзных республик принимают организацию низовой линейной службы на основе дорожно-ремонтных пунктов (ДРП). В этом случае обслуживаемую дорогу делят на участки, закрепленные за дорожно-ремонтными пунктами, в состав которых входит постоянная комплексная механизированная бригада во главе с дистанционным мастером. Линейные мастера осуществляют также патрульный надзор за дорогой на своем участке.

## 17.2. Дорожно-патрульная служба и служба организации движения

Для регулярного патрулирования дорог и оперативного устранения причин ДТП, перерывов и ограничений движения в дорожных организациях создают дорожно-патрульную службу (ДПС). В зависимости от протяженности участков, их значения, интенсивности движения на них, насыщенности искусственными сооружениями, обстановкой пути и благоустройством состав звена дорожно-патрульной службы колеблется от 2 до 7 чел. Звону придается автомобиль, оснащенный инстру-

ментом и инвентарем, дорожными знаками. Патрулирование проводится два раза в день (утром и вечером) или только в особо опасные периоды, связанные с метеорологическими условиями, в выходные и праздничные дни.

В дорожных организациях, обслуживающих дороги общегосударственного, республиканского и областного значений, создают службы организации движения (СОД), в которые входят отдел в дорожном управлении, группы или лаборатории и линейная служба в низовых подразделениях.

Службе организации движения могут придаваться специализированные производственные подразделения: специализированный ремонтно-строительный участок (спец. РСУ) с мастерской по реставрации дорожных знаков или служба обстановки пути (СОП), эксплуатационно-технический узел технологической связи (ЭТУТС).

Основные задачи службы организации движения – надзор и контроль за содержанием и техническим состоянием дорог, искусственных сооружений, элементов инженерного оборудования и благоустройства дорог. Служба организации движения осуществляет свою деятельность в контакте с органами ГАИ, а также другими организациями, занимающимися вопросами организации и безопасности движения. Служба организации движения изучает интенсивность, состав и режимы движения транспортных средств, уровни загрузки, устанавливает показатели дорожного движения на перспективу; анализирует условия и причины возникновения ДТП, выявляет их закономерности в увязке с дорожными, природно-климатическими условиями, составом и интенсивностью движения; систематически наблюдает за качеством дороги на участках, прежде всего за ровностью и скользкостью покрытий, состоянием обочин, наличием на проезжей части грязи; определяет видимость, выявляет опасные и особо опасные

участки по аварийности; устанавливает участки, где существенно снижается скорость и пропускная способность, разрабатывает мероприятия по улучшению организации и безопасности дорожного движения – по повышению ровности и фрикционных свойств покрытий, установке дополнительных знаков, внедрению современных технических средств организации движения и т. д.

Служба организации движения оснащается автомобилем-лабораторией, содержащей приборы и оборудование для определения скорости движения автомобилей, коэффициента сцепления шин с поверхностью покрытия, радиусов кривых, расстояния видимости в продольном профиле и т. д., а также необходимой нормативно-технической литературой.

**Служба ремонта и содержания мостов.** Структура службы ремонта и содержания искусственных сооружений определяется структурой службы ремонта и содержания дорог, а также количеством, протяженностью, составом и состоянием искусственных сооружений. Служба ремонта и содержания мостов и труб может включать мостовую лабораторию, прорабство по ремонту, участок содержания искусственных сооружений, специализированные звенья содержания группы искусственных сооружений, а также отдельных больших мостов. Специализированные звенья содержания мостов создают при общей протяженности сооружений не менее 500 м. Если отсутствует в дорожном хозяйстве необходимый минимум искусственных сооружений, создают комплексные специализированные звенья (бригады) по содержанию искусственных сооружений и других элементов дороги, близких по характеру работы и применяемым материалам.

Службу содержания больших мостов организуют, если их длина более 300 м. На мостах со сложными и опытными конструкциями, а также на отдельных старых мостах такая

служба может быть создана, если длина сооружения менее 300 м. Службу содержания наплавных мостов и паромных переправ организуют совместно с подразделением по их обслуживанию.

Для расчета численного состава службы содержания искусственных сооружений в дорожных хозяйствах определяют приведенную длину и площадь искусственных сооружений. Приведенную длину определяют путем суммирования протяженности различных типов мостов и труб, умноженной на коэффициенты для мостов: металлических – 2,6; деревянных – 1,6; железобетонных – 0,36; каменных и бетонных – 1,96; для труб: металлических – 0,22; железобетонных – 0,23; бетонных и каменных – 0,33; деревянных – 0,27.

Специализированные звенья или бригады для содержания искусственных сооружений создают в звене 3–4 чел., в бригаде – 6–8 чел. и более (два – четыре звена).

### **17.3. Производственная база дорожной службы**

Одновременно со строительством дорог возводят комплексы зданий и сооружений дорожной службы. В эти комплексы входят здания упродов, дорожно-эксплуатационных участков и пунктов, дорожно-ремонтно-строительных, мостовых эксплуатационных участков, комплексы по организации и автоматизированному управлению движением и т. п.

Строительство и реконструкция комплексов, отдельных зданий и сооружений дорожной службы может осуществляться при реконструкции и ремонте дороги. Состав и размещение таких комплексов должны соответствовать требованиям Строительных норм и правил и Указаний по размещению сооружений обслуживания на автомобильных дорогах, а на дорогах для международного движения – Рекомендациям по определению комплекса зданий и со-

оружений дорожной службы на международных автомобильных дорогах стран – членов СЭВ.

Обязательное условие успешного выполнения задач и функций, возлагаемых на дорожную службу, – наличие полного комплекса производственных и социально-бытовых зданий и помещений: административных зданий управлений дорог; комплексы зданий и сооружений основного и низового звеньев, включая производственные базы, здания и сооружения, жилые дома, бытовые помещения (школы, магазины, столовые, бани, клубы, места отдыха и т. д.); склады, базы, погрузочно-разгрузочные площадки, гаражи, стоянки машин и механизмов; ремонтные мастерские и т. д.

Основные и низовые звенья дорожной службы должны иметь: основное звено – административно-бытовой и производственный корпус по ремонту и техническому обслуживанию дорожных машин и автомобилей, стоянки (холодные и теплые) на списочный состав парка машин, цех по ремонту технических средств организации дорожного движения, базы по приготвлению и хранению противогололедных химических материалов, склады; низовое звено – производственный корпус по техническому обслуживанию дорожных машин и автомобилей с административно-бытовыми помещениями, стоянки (холодные и теплые) на списочный состав парка машин, расходные склады противогололедных химических материалов, склады (рис. 17.2).

Комплексы зданий и сооружений основного и низового звеньев дорожной службы, как правило, следует располагать у населенных пунктов, на единых для всего комплекса или близко расположенных площадках, непосредственно примыкающих к полосе отвода.

Здания службы ремонта и содержания дорог должны быть размещены близ дороги (но за пределами дорожной полосы), иметь удобные подъезды, не затрудняющие проезда

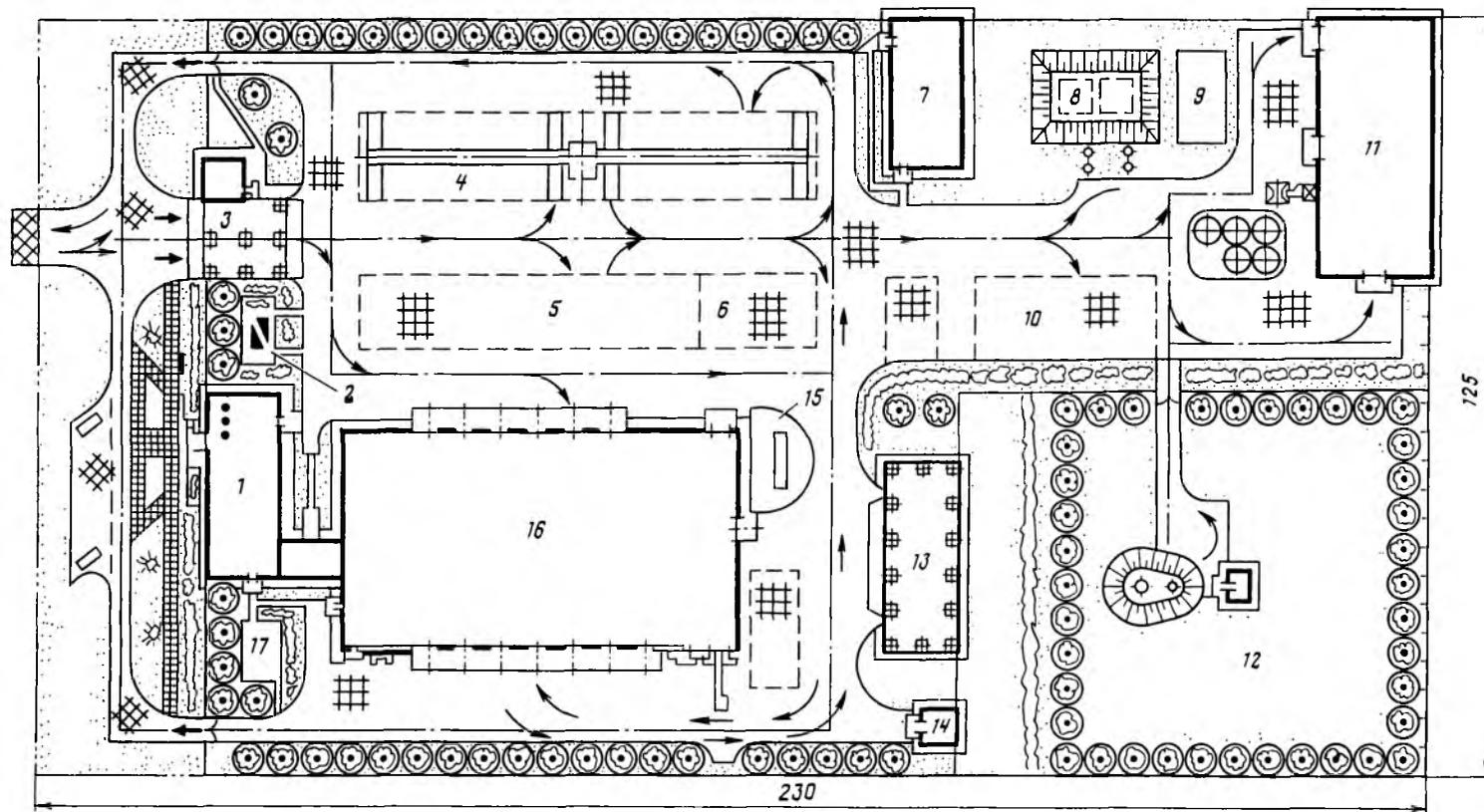


Рис. 17.2. Комплекс зданий и сооружений ДРСУ:

1 – административно-бытовой блок; 2, 17 – площадки для отдыха; 3 – контрольно-пропускной пункт; 4 – стоянка с воздухоподогревом для автомобилей; 5, 6 – стоянка дорожно-строительных машин и площадка для ремонта крупногабаритной техники; 7 – котельная; 8 – противопожарные резервуары с водой; 9 – очистные сооружения для дождевых стоков; 10 – площадка для заправки автомобилей и дорожных машин; 11 – база приготовления и хранения твердых и жидких противогололедных материалов; 12 – площадка с артезианской скважиной; 13 – навес для консервации дорожной техники; 14 – склад ГСМ; 15 – очистные сооружения сточных вод от мойки автомобилей; 16 – ремонтно-механические мастерские с блоком дополнительных служб

по основной дороге. Следует учитывать также возможность расширения дороги или строительство дополнительных полос, если это предусматривается перспективными планами.

Вся территория должна быть благоустроена и озеленена. Для культурно-бытового обслуживания работников дорожной организации и членов их семей комплексы жилых и административных зданий целесообразно размещать у населенных пунктов.

Месторасположение комплекса зданий дорожного участка надо назначать в соответствии с конфигурацией сети дорог так, чтобы близ участка была железнодорожная станция, при которой можно было бы создать склады для получения материалов. Обычно используют типовые комплексы, которыми предусматривается сочетание административных, производственных, жилых, хозяйственных и вспомогательных зданий и сооружений дорожной службы.

Кроме функционального назначения, эти комплексы являются элементами архитектурного оформления дорог.

На одном участке и в одних зданиях целесообразно располагать дорожные участки и дорожно-ремонтные пункты. Это дает возможность уменьшить по сравнению с отдельным строительством стоимость всего комплекса. Обеспечение жилой площадью в строящихся жилых домах дорожной службы следует предусматривать для 60–100% постоянного состава рабочих и служащих с учетом удаления и плотности населения в ближайшем населенном пункте в расчете 27 м<sup>2</sup> на штатного работника, а в республиках со средним размером семьи более 4 чел. – 36 м<sup>2</sup>.

При жилых зданиях дорожной службы следует предусматривать необходимые надворные постройки и приусадебные участки.

## Глава 18

### ОРГАНИЗАЦИЯ РАБОТ ПО СОДЕРЖАНИЮ И РЕМОНТУ ДОРОГ

#### 18.1. Принципы и методы организации работ

**Принципы организации работ.** Работы по содержанию и ремонту дорог имеют ряд специфических особенностей: большое многообразие (от простейших при содержании до сложных при ремонте); значительную неоднородность видов и объемов в пределах дороги (сети дорог), обслуживаемых дорожно-эксплуатационными организациями (ДЭО); большую линейную протяженность объектов; значительную рассредоточенность объектов в пределах одной организации; различие грунтовых, гидрологических и климатических условий; сезонность работ; различие в механизированности низовых звеньев одной ДЭО; ресурсную ограниченность.

Наибольшие различия по характеру и принципам организации имеют работы по содержанию. Они более трудоемки и материалоемки, менее механизированы. В то же время есть целый ряд работ по содержанию, которые не могут быть отложены и должны быть выполнены немедленно независимо от климатических или других условий.

Приведенные выше особенности определяют принципы организации работ по содержанию и ремонту дорог: обеспечение круглогодичного проезда автомобилей с заданными скоростями и нагрузками на участках, где проводится содержание и текущий ремонт и с положенными скоростями на участках среднего и капитального ремонтов; устранение мелких повреждений дорог и основных сооружений в самый короткий срок, выполнение ремонта в строго установленные сроки; достижение высокой производительности труда, максимальной механизации работ

по содержанию и ремонту; обеспечение максимального эффекта при минимальных затратах денежных, материальных, трудовых и энергетических ресурсов. Экономия средств, выделяемых на содержание и ремонт дорог, является одним из важнейших показателей уровня организации работ; индустриализация, т. е. переход на полностью механизированный процесс замены устаревших элементов более прогрессивными; обеспечение высокого качества ремонтных работ.

Линейное расположение объемов работ по содержанию дорог определяет линейный принцип их выполнения передвижными линейными подразделениями. При этом переброска машин и рабочих может быть не только в начале смены, но и в течение ее из-за рассредоточения работ и их малых объемов.

В несложных условиях эксплуатации дорог работы по содержанию выполняют чаще всего комплексные механизированные бригады, которые осуществляют содержание всех конструктивных элементов дороги в пределах закрепленного участка протяженностью 70–100 км. Такие бригады могут также выполнять работы по содержанию озеленения. Специализированные бригады создают в усложненных условиях эксплуатации: на подходах к городу для содержания элементов обстановки и благоустройства дорог, для содержания больших мостов, путепроводов и т. д. Специализация позволяет сократить виды работ, выполняемых каждым рабочим, создать возможность применения постоянных приемов труда, повышения производительности и качества работ.

Сезонные специализированные бригады организуют при возникновении значительных объемов работ, например по ямочному ремонту покрытий, устранению пучин, просядок, ликвидации снежных заносов. В отдельных случаях (на горных перевалах) возможна организация мелких работ и постоянного над-

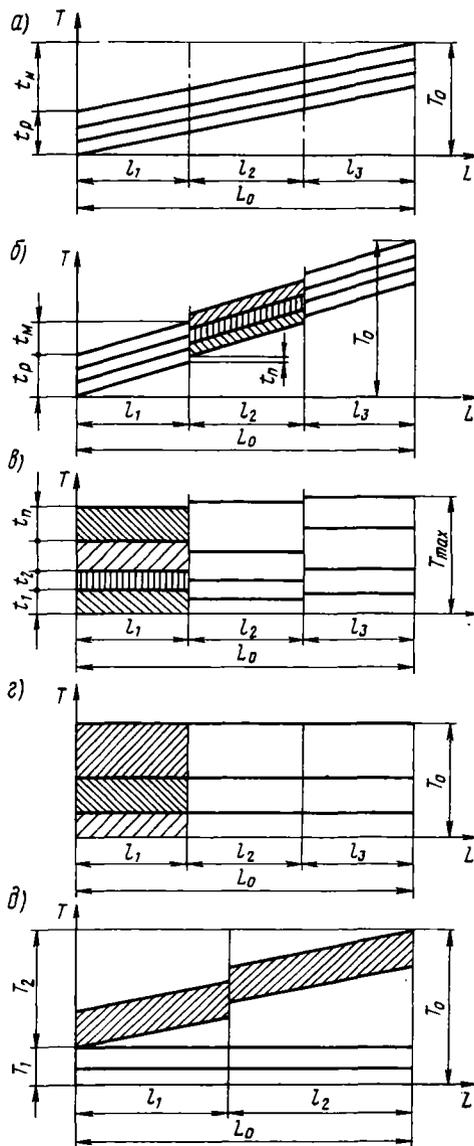


Рис. 18.1. Схемы организации работ по ремонту и содержанию дорог

зора за дорогой по принципу закрепления таких участков за дорожными рабочими – ремонтными.

Численный и квалификационный состав бригад определяется видами и объемами работ исходя из постоянства их состава в течение года.

**Методы организации работ.** Поточный (маршрутный) метод (рис. 18.1, а) целесообразен при ремонте на всей протяженности дороги.

Комплексный поток по ремонту дороги объединяет специализированные подразделения (отряды), сменяющие друг друга на каждом ремонтируемом участке в технологической последовательности (например, ремонт земляного полотна, покрытия).

Общая продолжительность выполнения ремонта поточным методом

$$T_0 = t_p + t_m, \quad (18.1)$$

где  $t_p$  – время развертывания потока, т. е. время, в течение которого на первом ремонтируемом участке будут задействованы все специализированные подразделения;  $t_m$  – время производства последнего технологического этапа ремонта (например, устройства покрытия).

Средний темп комплексного потока

$$S_n = L_b / T_0. \quad (18.2)$$

Для отдельного вида ремонтных работ

$$S_{ин} = L_b / t_i, \quad (18.3)$$

где  $t_i$  – время работы специализированного подразделения.

Расчетная продолжительность выполнения ремонта (смены)

$$T_{р.п} = (T_k - T_b) K_{см}, \quad (18.4)$$

где  $T_k$  – число календарных дней, директивно отведенных на ремонт;  $T_b$  – число нерабочих дней (праздничные и выходные, ремонт и профилактика машины, простои по атмосферным условиям, простои и переходы по организационным условиям);  $K_{см}$  – коэффициент сменности, равный 1,8–2,0.

Требуемый сменный темп ремонтных работ

$$S_{тр} = L_b / T_{р.п}. \quad (18.5)$$

Для ускорения работ, чтобы сократить задержки транспортных средств в пути на участке, необходимо организовать движение двух встречных потоков. При этом средний темп возрастает в 2 раза.

Поточный метод имеет ряд преимуществ: выполнение работ специализированными отрядами, что обеспечивает высокую культуру и качество, хорошее использование средств в машинно-дорожных отря-

дах; ритмичность ремонта дороги; концентрацию работ на малом участке, позволяющую оперативно руководить работами и контролировать их качество.

При *поточном участково-последовательном методе* (рис. 18.1, б), как и в предыдущем методе, работы выполняют поточно при условии, что в ДЭО имеется один механизированный отряд, который по мере окончания работ переезжает с одного участка на другой.

Этот метод применим как при содержании, так и при ремонте. Продолжительность ремонтных работ

$$T_0 = t_p = t_m + (n - 1)(t_n + t_m), \quad (18.6)$$

где  $n$  – число участков, на которых выполняются работы;  $t_n$  – время перехода и развертывания работ на последующих участках.

*Поточный участково-параллельный метод* (рис. 18.1, в) – разновидность поточного метода. Работы одновременно поточно ведутся на двух-трех участках дороги, обслуживаемой одной ДЭО. Например, в трех ДРП дорожно-эксплуатационного управления устраивают поверхностную обработку или проводят ремонт асфальтобетонного покрытия на участках длиной  $l_1$ ,  $l_2$  и  $l_3$ . При этом методе необходимо иметь несколько механизированных звеньев. Поскольку  $l_1 \neq l_2 \neq l_3$ , то объемы работ, следовательно, сроки выполнения  $T_i$  будут различными. Общая продолжительность работ на всей протяженности участка будет определяться максимальной продолжительностью  $T_{max}$  ремонта наибольшего участка. Кроме ремонта, этот метод целесообразен при содержании дорог, например, для ликвидации ямочности в послевесенний период на дорогах высших категорий.

*Параллельный метод* (рис. 18.1, г) – ремонтные работы ведут параллельно на нескольких участках. Затраты времени на участках одинаковы  $T_1 = T_2 = T_3 = T_0$ , хотя объемы могут быть различными. Это возможно только при нормативных покิโล-

метровых объемах работ. Метод целесообразен при организации содержания дороги, которую в зависимости от организационной структуры разбивают на несколько участков. На каждом из них работает специализированная бригада, имеющая дорожные машины со сменным оборудованием (типа Унимог) и выполняющая различные стандартные работы по содержанию в зависимости от типа покрытия, назначения дороги и сезона года. Этот метод особенно эффективен на содержании дорог высших категорий. Он обеспечивает высокую производительность труда, качество и низкую стоимость.

*Комбинированные методы* (рис. 18.1, д) – одновременное сочетание нескольких элементных методов. Например, весьма эффективно сочетать параллельный метод с поточным участково-параллельным. Вначале на широком фронте в пределах ДУ производят несложные работы по подготовке к ремонту. Работы выполняют за время  $T_1$ . В течение этого периода подготавливается специализированный поток. Далее ремонт выполняют на каждом участке поточным методом. Общая продолжительность работ

$$T_0 = T_1 + T_2 = T_1 + t_p + 2t_m + t_n. \quad (18.7)$$

Возможно другое сочетание методов организации работ. Тот или иной метод выбирают на основе технико-экономических обоснований. Метод организации работ существенно влияет на транспортно-эксплуатационные показатели, в частности на скорость автомобилей и затраты времени.

Составляют проект организации ремонтных работ и проект производства ремонтных работ ППР, для содержания – схемы организации содержания СОС. Эти схемы должны содержать оптимальные календарные периоды работ, метод организации, потребность в ресурсах, состав машинодорожного звена МДЗ, схемы размещения АБЗ, битумных баз,

баз песчано-соляных смесей, пунктов стоянки машин и набора воды, часовые графики работы машин, схемы контроля качества.

ППР должен содержать следующие основные документы: пояснительную записку с обоснованием начала и окончания ремонта, объемов работ, с технико-экономическим обоснованием технологии работ, выбором машинно-дорожных отрядов (МДО), расчетом потребности ресурсов; технологические схемы производства ремонтных работ; графики движения дорожных машин и механизмов, работы автомобилей, снабжения участка материалами; календарный график ремонтных работ; график потребности рабочих; календарный план ремонтных работ с расположением битумных баз, АБЗ, карьеров, железнодорожных путей, станций снабжения, складов, автобаз.

Объемы работ устанавливают на основе натурных ежегодных весенних обследований дорог и дорожных сооружений. Осмотром устанавливают повреждения земляного полотна, дорожных одежд, зданий, мостов и других элементов. Результаты осмотра заносят в журнал, в котором отмечают километр и пикет, поврежденный элемент дороги, вид повреждений и объем, намечаемые мероприятия по устранению повреждений. После осмотра составляют акт, в котором комиссия подписывает перечень ремонтных мероприятий для разных участков дороги. Эти материалы являются основой для установления объемов работ по ремонтам.

Технико-экономическое обоснование оптимального способа работ выполняют на основе вариантного проектирования в следующем порядке: для рассматриваемого вида ремонтных работ в зависимости от наличия дорожных машин в ДЭО назначают два-три варианта ведущих машин, выполняющих наиболее трудоемкие операции, и комплектуют МДЗ; в зависимости от вида ремонта и местных условий

№ операции	Наименование операции, марки машин и механизмов	Единица измерения	Объем работ на смену	Производительность машин в смену	Потребное количество		Ссылка на нормы
					машинно-смен	рабочих	
	Вариант 1		$V_i$	$P_i$	$M_i$	$P_i$	

принимают тот или иной способ организации работ; определяют производительность машин и для каждого варианта составляют технологические карты ремонтных работ (форма 18.1).

Для каждой операции вычисляют  $V_i$ ,  $P_i$ ,  $M_i$ ,  $P_i$  и суммируют  $M$  для однородных машин, определяют основные ТЭП по каждому варианту (форма 18.2).

Расчитывают приведенную себестоимость  $C_{пр}$ , производительность труда (среднюю выработку)  $P_{ср}$  (определяют по ведущей машине). Дополнительно определяют уровни механизации  $U_m$  и комплексной механизации  $U_{км}$ . Оптимальным считается вариант, у которого  $C_{пр} = \min$ ,  $P_{ср} = \max$ . При равенстве  $C_{пр}$  и  $P_{ср}$  оптимальный вариант выбирают по  $U_m$  и  $U_{км}$ . Предпочтение отдается варианту с наилучшими показателями.

Для принятого варианта разрабатывают технологические схемы, в которых указывают порядок движения дорожных машин на захватках, режимы их работы, расход материалов на смену, потребность в автомобилях. Далее составляют графики работы машин, часовые графики увязки машины в машинно-дорожном звене, графики потребности материалов и общий план работ.

## 18.2. Управление качеством ремонта и содержания дорог

**Система управления качеством ремонта и содержания.** Система включает комплекс взаимосвязанных мероприятий, нормативов, методов и средств управления, направленных на организацию планомерной деятельности дорожных организаций по поддержанию и систематическому повышению качества их ремонта и содержания, которое достигается реализацией следующих функций управления: планирование качества, организация и обеспечение производства (в том числе материальное стимулирование), оценка качества работ, информационное обеспечение.

Задача планирования качества – установить значения показателей качества по каждому виду работ, которые должны быть достигнуты на конец планируемого периода, а также разработать и наметить пути реализации плана мероприятий, обеспечивающего достижение установленных значений. При планировании заданий по качеству исходят из степени отклонения фактических показателей технического уровня и эксплуатационного состояния дороги  $U_{ф}$  от требуемого  $U_{тр}$  (см. п. 6.7). В процессе эксплуатации вследствие

Форма 18.2

№ варианта	Марка машины	$\Sigma M_i$	Принятое число машин	Число рабочих на ручном труде	Стоимость одной машино-смены	Заработная плата рабочего	Удельные капитальные вложения	Основные ТЭП	
								$C_{пр}$	$P_{ср}$

действия природных факторов и движения происходит нарастание дефектов дороги (рис. 18.2). Это приводит к снижению фактического уровня качества  $Y_{\phi}$ . При  $Y_{\phi} < Y_{\text{тр}}$  дорога не соответствует требованиям современного движения. Поэтому в некоторый момент времени  $T > T_1$  возникает потребность в наладке системы, применении управляющих воздействий путем ремонтных мероприятий.

В процессе эксплуатации непрерывно возникает необходимость повысить уровень качества отдельных элементов дороги и сооружений и установить его оптимальное значение  $Y_0$ . Определение оптимального уровня должно базироваться на минимизации суммарных приведенных затрат от дорожной составляющей  $C_d$  на ликвидацию дефектов и автомобильной  $C_a$ , связанной с издержками транспорта,

$$Y_0 = C_d + C_a = \min. \quad (18.8)$$

Управление преследует основную цель – с наименьшими затратами обеспечить заданный уровень качества дороги.

Таким образом, параметры системы управления, т.е. показатели качества дороги, необходимо устанавливать на основе технико-экономического анализа функционирования дорожно-транспортной системы. Практически значения показателей качества планируют отдельно по ремонту и содержанию. Министерство устанавливает такие планы каждому производственному управлению (Автодору и т.д.), которое дифференцировано распределяет их среди подчиненных низовых организаций. Те в свою очередь устанавливают дифференцированные задания по каждому подразделению (участку, бригаде, звену).

Плановое значение показателя качества  $P_{\text{пл}}$  рассчитывают по проценту приращения показателя качества  $P_p$ , устанавливаемого с учетом реальных возможностей организации (подразделения) на основании соот-

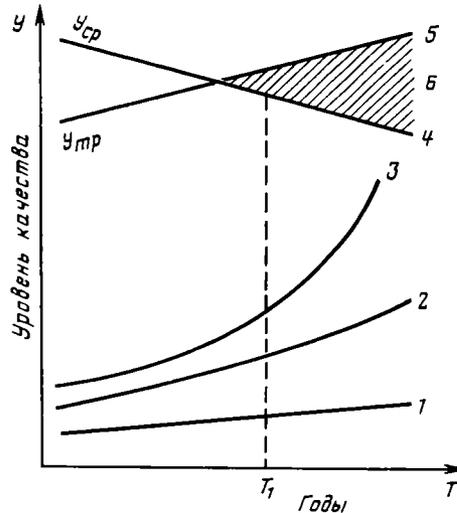


Рис. 18.2. Изменение качества дороги в процессе эксплуатации:

1, 2 – изменения под воздействием природных факторов и дорожного движения; 3 – рост дефектов дороги; 4, 5 – фактические и требуемые уровни качества; 6 – зона управляющих воздействий

ветствующих планов инженерно-технических мероприятий в пределах 1–3% базового показателя (фактического значения за аналогичный период предыдущего года  $P_6$ )

$$P_{\text{пл}} = (P_p + 100) P_6 / 100. \quad (18.9)$$

При этом  $P_{\text{пл}}$  на планируемый период не должно быть ниже средневзвешенного значения от установленных показателей качества подчиненных организаций (подразделений) на тот же период

$$P_{\text{ср}} = \frac{\sum_{i=1}^n P_{\text{пли}} l_i}{\sum_{i=1}^n l_i}, \quad (18.10)$$

где  $n$  – число организаций;  $P_{\text{пли}}$  – запланированное значение комплексного показателя для  $i$ -й организации;  $l_i$  – протяженность дорог  $i$ -й организации, на которой планируется выполнение соответствующих работ.

Оценка качества работы организации (подразделения) за оцениваемый период

$$K = \frac{\sum_{i=1}^n P_i C_i}{\sum_{i=1}^n C_i}, \quad (18.11)$$

где  $n$  – число отремонтированных дорог (участков);  $P_i$  – показатель качества ремонта  $i$ -й автомобильной дороги

(участка), выполненных бригадой, участком или ремонтно-строительной организацией;  $C_i$  – сметная стоимость данного вида ремонтно-строительных работ на  $i$ -й автомобильной дороге (участке).

Основным источником информации о качестве и объеме выполняемых работ и основной формой ее подготовки для вышестоящих организаций и контролирующих органов являются карты-информации, составляемые по формам, удобным для машинной обработки.

**Оценка качества содержания.** Качество содержания дорог оценивают в баллах в зависимости от фактического состояния дорог и их элементов [31]. Оценку состояния дороги определяют визуально путем ее сплошной последовательной дефектовки по участкам (как правило, километровым или кратным километру). Каждому из осмотренных участков для каждого элемента дороги устанавливают оценки 5, 4, 3 или 0 в зависимости от выявленных дефектов (хотя бы одного). При этом оценивают дорожную одежду, земляное полотно и водоотвод, искусственные сооружения, обстановку дороги, благоустройство и озеленение. Для оценки разработана таблица дефектов каждого элемента, допускаемых при выставлении оценок 4, 3 и 0 в летних и зимних условиях содержания. Отсутствие дефектов соответствует оценке 5.

Основанием для оценки служит карточка осмотра автомобильной дороги, в которую входит ведомость дефектов, заполняемая в процессе осмотра комиссией, количественный и должностной состав которой утверждает вышестоящая организация.

Оценка качества содержания автомобильной дороги (участка)

$$S = (P_{д.о} + P_{з.п} + P_{ис.с} + P_{о.д} + P_{о.б})/n, \quad (18.12)$$

где  $P_{д.о}$ ,  $P_{з.п}$ ,  $P_{ис.с}$ ,  $P_{о.д}$ ,  $P_{о.б}$  – показатели качества содержания соответственно дорожной одежды; земляного полотна и водоотвода; искусственных сооружений; обстановки дороги; благоустройства и озеленения;  $n$  – число оцениваемых элементов.

Показатель качества содержания элемента дороги

$$P = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m R_i, \quad (18.13)$$

где  $R_i$  – балл, установленный по оцениваемому элементу дороги на  $i$ -м участке дефектовки;  $m$  – общее число участков дефектовки на оцениваемой дороге (участке).

Если на одном из участков дефектовки дороги (участка) состоянию дорожной одежды выставлена оценка 0, то по всему оцениваемому участку, закрепленному за одним подразделением дорожной организации (бригадой и т.п.), оно не может быть выше  $P = 0$ . Когда при оценке дороги хотя бы один из элементов принят  $P = 0$ , данный участок оценивают  $S = 0$ . Если при обследовании дороги по какому-либо элементу обнаружены дефекты, создающие аварийную ситуацию или угрозу надежной работе сооружения, всему этому элементу устанавливают оценку  $P = 0$ .

Оценку качества содержания сети дорог в баллах выставляют ежемесячно подразделениями низовой дорожной организации (ДРП, дистанциям, мастерским участкам) и организации в целом, ежеквартально – низовым дорожным организациям и вышестоящему производственному управлению.

При организации содержания автомобильных дорог силами специализированных подразделений, выполняющих отдельные виды работ (по дорожной одежде, искусственным сооружениям, обстановке дороги, благоустройству и озеленению), месячную оценку качества работы такого подразделения устанавливают по показателю качества соответствующего элемента дороги, представленному в карточке осмотра.

Месячная оценка качества работ подразделения, обслуживающего две и более дорог (участков), а также месячная оценка дорожной организации

$$S_m = \sum_{i=1}^n S_i l_i / \sum_{i=1}^n l_i, \quad (18.14)$$

где  $n$  – общее число оцененных дорог (участков);  $S_i$  – оценка качества текущего ремонта и содержания  $i$ -й дороги (участка) за оцениваемый период;  $l_i$  – протяженность  $i$ -й дороги (участка).

Если в оцениваемый период на обслуживаемой дороге (участке) имели место ДТП или перерывы движения по вине дорожной службы, месячную оценку обслуживающему ее подразделению устанавливают равной 0. Аналогично определяют квартальную и годовую оценки деятельности низовых дорожных организаций и производственных управлений. Существуют и другие методы оценки качества содержания дорог, принятые в некоторых союзных республиках.

Оценка качества содержания дорог является основным показателем деятельности дорожных организаций. За выполнение и перевыполнение заданий по качеству содержания дорог установлено материальное поощрение, а за невыполнение – материальное взыскание в установленных пределах.

**Приемка работ при ремонте дорог.** Приемку работ подразделяют на промежуточную (месячную, квартальную), чтобы выявить качество и объем работ, выполненных за установленный период (месяц, квартал); приемку скрытых работ – проверить правильность выполнения отдельных работ и элементов, которые будут частично или полностью скрыты при последующих работах; приемку законченных работ (окончательную приемку) для проверки соответствия выполненных ремонтных работ по качеству и объему утвержденной документации по окончании указанных работ или в конце сезона [41]. Работы принимают комиссии, состав которых назначает вышестоящая организация.

При выполнении работ по ремонту дорог на всех этапах ведется контроль качества, методы выполнения которого, организация и применяемые приборы аналогичны применяемым при строительстве дорог.

В основу методики заложен принцип поэтапной оценки качества ремонта по отдельным параметрам конструктивных элементов дороги, полученных в результате технического контроля, с последующим расчетом показателей качества элементов дорог, по которым определяют значение комплексного показателя качества ремонта дороги в целом.

Выполняя маршрутные ремонты, осуществляют также промежуточную приемку ответственных конструкций, некачественный ремонт которых может привести к потере несущей способности конструкции или к непригодности сооружения для эксплуатации. Перечень таких конструкций определяется проектом на автомобильную дорогу или сооружение; приемку законченных объектов (или их участков) рабочими комиссиями и государственными приемочными комиссиями. Под маршрутным ремонтом понимают сплошной ремонт автомобильной дороги по утвержденной проектно-сметной документации. Все виды приемки работ и объектов в эксплуатацию оформляют соответствующими актами, в которых выставляется оценка качества с приложением ее расчета.

## Глава 19

### ТЕХНИЧЕСКИЙ УЧЕТ, ПАСПОРТИЗАЦИЯ ДОРОГ И ДОРОЖНЫХ СООРУЖЕНИЙ

#### 19.1. Задачи и порядок проведения технического учета и паспортизации

**Задачи учета и паспортизации.** Дороги и сооружения на них, испытывая нагрузки от автомобилей и природных факторов, со временем изнашиваются. Возникает потребность в установлении данных о протяженности и техническом состоянии дорог и сооружений. С этой целью осуществляется технический учет дорог.

Главная цель технического учета – сбор и систематизация данных для рационального планирования и организации работ по содержанию и ремонту дорог, а также управления дорогами. Технический учет и паспортизация включают сплошную инвентаризацию, проводимую один раз в 8–10 лет, и ежегодную паспортизацию автомобильных дорог. Инвентаризация проводится на основании постановлений Совета Министров СССР. Последняя сплошная инвентаризация автомобильных дорог проведена в 1980–1985 гг.

Технический учет и паспортизацию проводят, чтобы получить объективную информацию о наличии дорог и дорожных сооружений, об их протяженности и техническом состоянии для рационального планирования строительства, реконструкции, ремонта и содержания дорог. Техническому учету и паспортизации подвергают все автомобильные дороги общего пользования (каждую дорогу в отдельности).

Основные элементы дороги, подлежащие техническому учету, – полоса отвода, земляное полотно, проезжая часть, искусственные сооружения, здания дорожной службы, устройства и обстановка дороги, здания автотранспортной службы.

Техническую инвентаризацию проводят по дорогам, на которые отсутствует технический паспорт или его данные требуют уточнения. В процессе технической инвентаризации уточняют перечень автомобильных дорог общего пользования, наименование и протяженность; устанавливают или уточняют их геометрические параметры; определяют типы и состояние покрытий, оценивают прочность дорожных одежд; проводят инвентаризацию мостов, путепроводов, эстакад, труб, тоннелей, галерей и других искусственных сооружений; учитывают служебные, технические и гражданские здания и сооружения; проводят учет и дают общую оценку инженерных обустройств и обстановки; собирают данные об интенсивности дви-

жения и составе транспортных средств; устанавливают балансовую стоимость дорог и сооружений, относящихся к ним.

При технической инвентаризации используют данные текущего технического учета и паспортизации, проводимого постоянно в порядке, установленном Типовой инструкцией по техническому учету и паспортизации автомобильных дорог.

Материалами технического учета являются: технический паспорт дороги с линейным графиком; учетные карточки на мосты, путепроводы, трубы, служебные, производственные и жилые здания; учетные ведомости на мосты, тоннели, трубы, переправы, подпорные стены, здания дорожной службы, автобусные установки, переходно-скоростные полосы, дорожные знаки, ограждения, направляющие устройства, озеленение, тротуары и пешеходные дорожки, съезды, укрепления обочин, коммуникации в пределах полосы отвода; сводная ведомость наличия дорог и сооружений на них; полевой журнал обследования одежды.

Все материалы технического учета объединяют в один основной документ (паспорт дороги) – сводный документ с данными о техническом и экономическом состоянии дороги, который содержит все первичные сведения (на момент приемки) и ежегодные за весь период службы дороги, включая данные о средних и капитальных ремонтах, о реконструкции. Паспортизация – это комплекс полевых и камеральных работ по обследованию и измерению дорог и дорожных сооружений, обработке и анализу этих данных с целью составления документов технического учета.

**Порядок технического учета и паспортизации, применяемые средства.** Общее руководство техническим учетом и паспортизацией автомобильных дорог осуществляют дорожные управления и их подразделения. Они создают специальные партии или группы для паспортизации дорог. К проведению технического учета

и паспортизации привлекают научно-исследовательские, проектно-исследовательские и другие специализированные организации по договорам, заключаемым в установленном порядке.

Работы по техническому учету и паспортизации разделяют на полевые и камеральные. К полевым относят натурные обследования и обмер дорог и дорожных сооружений. Натурные обследования в свою очередь делят на первичные и ежегодные. Первичные обследования выполняют не чаще чем через 15 лет или в тех случаях, когда в состоянии дороги произошли такие изменения, выявить которые без натурных обследований невозможно.

Ежегодные обследования проводят с целью выявить изменения, происшедшие на дорогах и сооружениях за истекший год, для того, чтобы внести эти изменения в документы технического учета и паспортизации по состоянию на 1 января следующего года. Технический учет и паспортизацию вновь построенных или реконструированных дорог проводят не позднее чем через полгода после утверждения актов государственной приемочной комиссией.

К камеральным работам относят обработку материалов полевых обследований, на основании которых оформляют следующие документы технического учета: технический паспорт с линейным графиком; карточки на мосты, трубы, служебные производственные и жилые здания; ведомости наличия и технического состояния мостов, труб, паромных переправ, подпорных стен, зданий дорожной службы, автобусных остановок, дорожных знаков, ограждений, озеленения, укрепления обочин и других элементов оборудования дорог; ведомость размеров полосы отвода; сводную ведомость наличия автомобильных дорог и сооружений на них, а также полевой журнал обследования дорожной одежды. Дорожная организация составляет документы в двух экземп-

лярах (кроме сводной ведомости) на каждую обслуживаемую дорогу или ее участок, а карточки на мосты (путепроводы) – в пяти экземплярах.

Первый экземпляр документации вместе с четырьмя экземплярами карточек на мосты (путепроводы) пересылают в дорожное управление, которое на основании материалов, представленных дорожными организациями, составляет паспорт и сводную ведомость дороги по форме Э-21, а также ведомости наличия и технического состояния зданий и сооружений.

Паспорт и сводную ведомость формы Э-21 составляют в трех экземплярах: первый экземпляр паспорта, сводную ведомость формы Э-21 и карточки на мосты (путепроводы) представляют в министерство, второй остается в дорожном управлении, а третий является обменным. При изменении каких-либо данных технического учета дорожная организация ежегодно вносит поправки в документацию, представляемую в дорожное управление, которое корректирует свой и обменный экземпляры паспорта и обменный экземпляр направляет в министерство.

Получив обменный экземпляр, министерство сверяет его со своим экземпляром и последний высылает в дорожное управление для внесения изменений.

Все технические данные, включаемые в паспорт и документы технического учета, получают по результатам полевых и камеральных работ. Полевые работы выполняют специализированные партии, создаваемые дорожными управлениями, организациями и подразделениями. При полевых работах: снимают ситуацию, измеряют протяженность дороги и ее участков с продольными уклонами более допустимых, с радиусами кривых в плане менее допустимых для данной категории дороги, ширину полосы отвода и земляного полотна, протяженность покрытия каждого типа и ширину



ДРСУ-1	ДРСУ-2			
	180	740	70	220
60	500		320	880
253	254	255	256	
	2,50 - 7,00 - 2,50			
Капитальный ремонт 3,75 - 7,50 - 3,75				
Средний ремонт				
Капитальный ремонт				
	щебень-15см песок-20см			
	асфальто-бетон-5см щебень-15см песок-20см			
	асфальто-бетон-9см щебень-15см песок-20см			
			$\Gamma-5,5+2 \times 0,75$	$\left. \begin{matrix} H-8 \\ T-60 \\ 70 \end{matrix} \right\}$
			$\Gamma-7+2 \times 0,75$	$\left. \begin{matrix} H-30 \\ НК-80 \\ 79 \end{matrix} \right\}$
Тяжелый суглинок				
420	680	690	36	780
	600	150		950
Удовлетворительное				
Хорошее				
Удовлетворительное				
Хорошее				

проезжей части в местах изменения типа покрытия, толщину дорожной одежды, протяженность затопляемых, оползневых участков и участков с вечной мерзлотой; определяют грунт земляного полотна, состояние покрытия, объем снегопереноса, границы участков, обслуживаемых первичными дорожными организациями, местоположение и техническое состояние искусственных сооружений изданий дорожной службы, описывают и измеряют их; собирают данные о количестве и местоположении элементов дорожных инженерных устройств обстановки, озеленения, предприятий автотранспортной службы, коммуникаций, находящихся в пределах полосы отвода, съездов, пешеходных дорожек и тротуаров, укреплений обочин.

Качество дорожного покрытия оценивают по результатам натурального осмотра с учетом проводимых сезонных осмотров или детальных обследований автомобильных дорог по трехбалльной системе (см. п. 6.7). Толщину дорожной одежды определяют на каждом поперечнике в трех местах, из расчета три поперечника на 1 км. Замер с устройством лунок делают только при отсутствии технической документации. На мостах и путепроводах снимают все основные размеры и габариты, в том числе подмостовые.

Собранные в результате полевых обследований сведения о состоянии автомобильной дороги и сооружений на ней заносят в паспорт, который представляет собой книгу в жестком переплете размером 297 × 420 мм и содержит схему автомобильной дороги, общие данные о ней, экономическую и техническую характеристику, денежные затраты и основные объемы выполненных работ, линейный график. Схему автомобильной дороги (раздел 1 паспорта) составляют в произвольном масштабе в зависимости от ее протяженности, но не менее чем 1

1 000 000. В разделе 2 «Общие данные об автомобильной дороге» вносят все сведения о ней, предусмотр-

енные соответствующими графиками. В разделе 3 «Экономическая характеристика» отражают данные экономических обследований, изысканий, учета движения, статистических, а также экономических обзоров.

В разделе 4 «Техническая характеристика» приводят данные, характеризующие наличие и состояние отдельных сооружений и конструктивных элементов автомобильной дороги (земляное полотно, проезжая часть, искусственные сооружения и т. д.). В разделе 5 «Денежные затраты и основные объемы выполненных работ» приводят данные о денежных затратах на ремонт, содержание и реконструкцию автомобильной дороги с момента ввода в эксплуатацию.

При этом указывают сведения об основных проведенных работах – реконструкции и ремонтах, которые меняют транспортно-эксплуатационные характеристики автомобильной дороги.

Работы по текущему ремонту (содержанию) в паспорте не указывают.

Линейный график (раздел 6) вычерчивают в масштабе 1:20 000 (рис. 19.1). Для сбора информации о состоянии дорог, необходимой при составлении паспорта, применяют передвижные лаборатории, приборы и оборудование, описание которых приведено в гл. 7.

Наряду со сложными приборами и установками при паспортизации применяют простые приспособления и устройства, средства малой механизации как на стадии измерения, так и обработки информации. Для измерения ровности применяют передвижные рейки ПКР-4М, ПКР-1, -5, -3, ШИЛ-Р-5 и др., для измерения поперечных уклонов – угломерные линейки КГ-135, ШИЛ-1М, для определения геометрических параметров – геодезические инструменты, курвиметр КП-203, прибор КП-213 для определения дальности видимости и др.

## **19.2. Автоматизированная система технической паспортизации дорог и создание банка дорожных данных**

Автоматизированная система сбора и обработки информации о параметрах и состоянии дорог имеет целью установить фактический уровень качества дорог, сооружений, дорожного движения. Система должна обеспечивать быстрый и всесторонний сбор информации о техническом состоянии дорог и сооружений. Это может быть выполнено традиционными методами обследования, полуавтоматическими или автоматизированными с применением современных ходовых лабораторий по записи геометрических характеристик (типа «Трасса», прочности одежд 'УДН МАДИ, УНК КАДИ, Дина), ровности, сцепных качеств и шероховатости покрытий толчкометрами или установками ПКРС.

Система должна допускать автоматизированную обработку собранных данных, накопление, хранение и выдачу необходимой информации. В результате накопления информации дорожная служба на различном уровне должна иметь банк данных о состоянии дорог и сооружений на любом участке и возможность их быстрого получения.

Автоматизированные системы сбора и обработки информации о состоянии дорог должны допускать решение инженерных и экономических задач для дорожной службы: определение технического состояния (уровня) дорог и сооружений на любом участке и в любой период года, технический учет и паспортизацию дорог, установление и прогнозирование межремонтных периодов, оптимальное планирование ремонтных работ, данные о дорожно-транспортных происшествиях, оценку безопасности движения на различных участках, оценку дорожного движения и пропускной способности дорог на напряженных участках и т. д.

Разработка и внедрение таких систем требует значительных средств, подготовленного персонала. В ряде республик страны созданы информационно-поисковые системы ИПС типа «Мост», «Дорога», «Дорожное движение» и др. Ведутся активные работы по созданию автоматизированной системы технической паспортизации дорог (система АСП АД) и автоматизированного банка дорожных данных АБДД.

В общем случае техническая паспортизация как система состоит из двух подсистем: информационно-измерительной ИИС и информационно-поисковой ИПС. Один из недостатков большинства систем паспортизации в том, что решается лишь вторая составляющая система – информационно-поисковая, а сбор информации осуществляется традиционными методами. Разрабатываемая и частично функционирующая автоматизированная система технической паспортизации автомобильных дорог АСП АД Минавтодора РСФСР решает эти вопросы комплексно.

Основные задачи автоматизированной системы технической паспортизации автомобильных дорог: обследование и измерение плана трассы, продольного и поперечного профилей, ровности и скользкости покрытия, прочности дорожных одежд; оценка степени разрушения покрытия, состояния земляного полотна и искусственных сооружений, обстановки пути и обустройства; измерение характеристик транспортного потока и условий движения; обработка данных и оценка транспортно-эксплуатационного состояния дорог и сооружений на них; хранение и обновление данных; обеспечение отрасли исчерпывающей информацией об обслуживаемых автомобильных дорогах с подготовкой справок на запросы, данных по статической отчетности, паспортов автомобильных дорог.

АСП АД состоит из подсистем сбора и обработки: информации по

основным геометрическим параметрам автомобильных дорог («Трасса»); данных о прочностных характеристиках дорожных одежд («Прочность»); информации об эксплуатационном состоянии проезжей части («Состояние»); данных о движении («Движение»); неавтоматизированной подсистемы сбора и обработки информации о технических характеристиках и состоянии земляного полотна, водоотводных и водопропускных сооружений, элементов обустройства дороги, обстановки, а также данных по дорожно-транспортным сооружениям («Обустройство»); автоматизированный банк дорожных данных АБДД.

Как и при традиционном способе паспортизации автомобильных дорог, основным документом АСПД Ад является технический паспорт, который представляет собой отпечатанные АЦПУ ЭВМ серии ЕС формуляры, содержащие таблицы технических и эксплуатационных характеристик автомобильной дороги. Все формуляры брошюруют в книгу, образующую технический паспорт формата 422 × 305 мм. В последующем в эти формуляры вносят все изменения в состоянии дороги.

Постоянно обновляемые сведения

о состоянии автомобильных дорог служат основой автоматизированного банка дорожных данных. Под автоматизированным банком понимается организационно-техническая система, представляющая собой совокупность баз данных пользователей, технических (мощные ЭВМ, мини-ЭВМ) и программных средств формирования и ведения этих баз и специалистов, обеспечивающих функционирование системы.

Структура автоматизированного банка дорожных данных (рис. 19.2) включает в себя справочно-информационный фонд СИФ и программное обеспечение. СИФ составляют базы «Словари», «Структура», «Состояние», «Норматив», «Архив» и база данных «Администратор». Информацию о технико-эксплуатационном состоянии автомобильных дорог группируют по однородности в оперативные файлы и образуют базу «Состояние».

Оперативный файл состоит из записей, каждая из которых содержит информацию о состоянии и характеристиках элемента дороги. Оперативный файл содержит информацию по элементам на всю протяженность дороги, если она не выходит за пределы области (края). Для

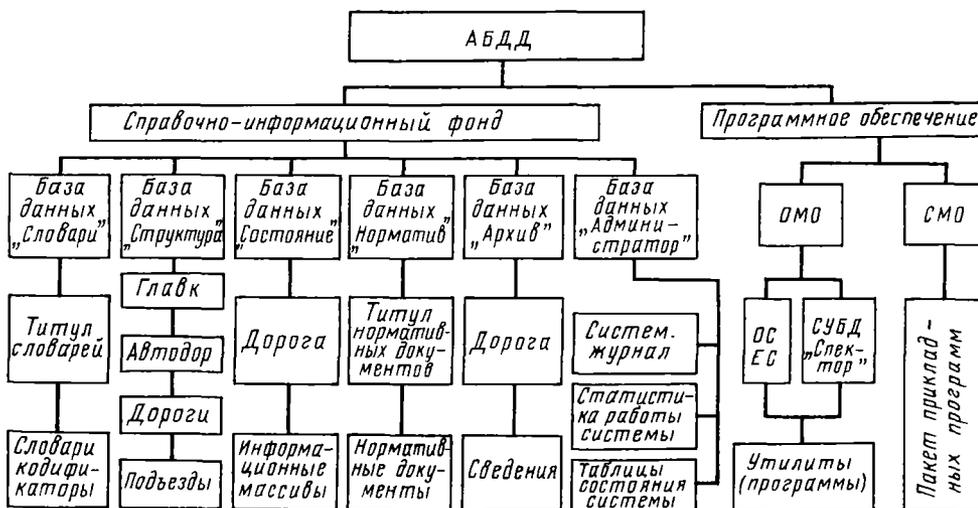


Рис. 19.2. Структура автоматизированного банка дорожных данных (АБДД)

дорог, проходящих через несколько областей (краев), по каждому элементу заводят файлы на участки в пределах областей. Аналогично организуют файлы остальных баз данных.

Программное обеспечение АБДД включает общее математическое обеспечение ОМО и специальное математическое обеспечение СМО. Общее математическое обеспечение включает собственно операционную систему управления (ОС) ЕС ЭВМ и систему управления базами данных СУБД. Функции СУБД выполняют специализированный стандартный пакет программ «Утилиты», направленный на организацию и поддержку баз данных.

Специальное математическое обеспечение включает прикладные программы, расширяющие возможности общего математического обеспечения и придающие направленность, соответствующую специфике АБДД. В пакет прикладных программ входят программы обращения пользователя к АБДД и программы, направленные на решение определенных задач. Эти задачи для первой очереди АБДД можно разбить на три класса: информационно-справочные; сопоставительные (оценочные); задачи, характеризующие изменение параметров дорог во времени.

Автоматизированный банк дорожных данных – сложная человеко-машинная система, поэтому основным его элементом является служба поддержания АБДД. Разработка и использование АБДД наиболее эффективны в составе автоматизированных систем паспортизации, когда на одном уровне решаются задачи как сбора, так и обработки информации о состоянии автомобильных дорог.

### **19.3. Учет интенсивности движения**

Для решения задач организации дорожного движения, назначения и

выбора мероприятий по содержанию и ремонту автомобильных дорог дорожная служба должна систематически изучать, накапливать и анализировать данные о дорожном движении на участках в различные периоды года. Изучение сводится к сбору следующей информации: по интенсивности, составу и скорости движения транспортных потоков, распределению транспортных средств по длине дороги в разные периоды года, недели и суток от осевых нагрузок автомобилей. Полные данные о закономерностях дорожного движения получают при специальных обследованиях дорог. Дорожная служба ведет систематический учет интенсивности и состава движения. Существует несколько методов проведения учета интенсивности движения.

*Сплошной метод* предусматривает (на данном участке) непрерывное во времени изучение дорожного движения. При этом ведут сплошное почасовое изучение в течение 24 ч и аналогично посуточно для недели, месяца, сезона, годового периода. Это самый надежный, но самый трудоемкий и дорогой метод учета.

*Выборочный метод*, когда характеристики потока фиксируют и оценивают только на отдельных учетных пунктах или только в определенное время.

*Выборочный компенсаторный метод* состоит в том, что число, место и продолжительность учета движения назначают по правилам, основанным на законах теории вероятности и математической статистики, а затем после обработки получают (восстанавливают) интенсивность движения на всех учетных пунктах за сутки, неделю или другой отрезок времени.

Этот метод основан на том, что практически почти все суточное движение проходит в течение 12–14 ч. В отдельных случаях на подъездных дорогах в промышленных районах движение осуществляется в течение 16–18 ч в сутки. Отношение интенсивности движения в часы «пик» к

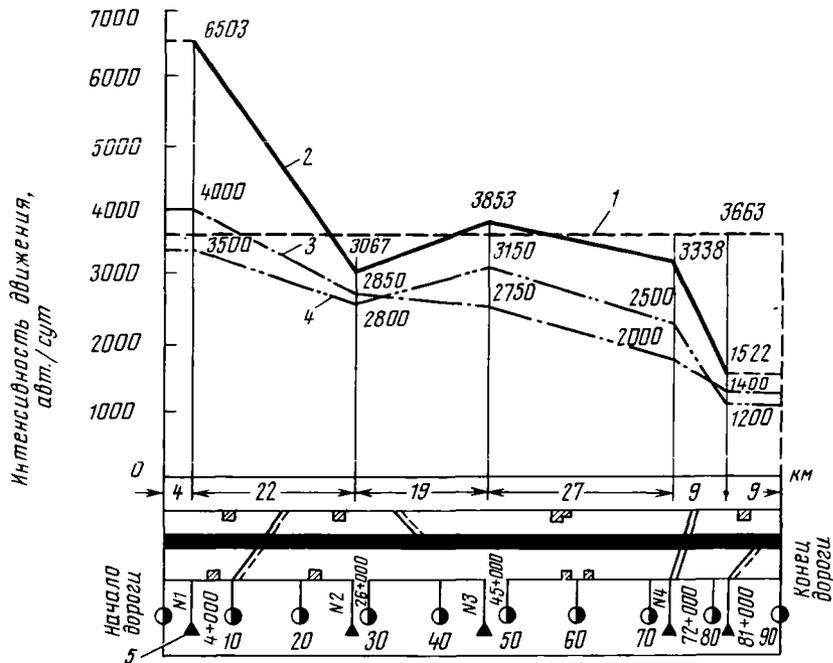


Рис. 19.3. График годовой среднесуточной интенсивности движения по автомобильной дороге:  
 1 — среднесуточные размеры движения по дороге в целом; 2 — интенсивность движения летом; 3 — среднесуточные размеры движения в период весенней распутицы; 4 — то же в период осенней распутицы; 5 — учетные пункты

средней суточной интенсивности колеблется в сравнительно узких пределах:  $a = 0,12 \div 0,07$  для магистральных дорог (наиболее часто  $0,08-0,07$ ) и  $0,15-0,25$  для дорог низших категорий. Эта же закономерность прослеживается в годовом периоде.

Подсчет транспортных средств, проходящих по автомобильным дорогам, производится автоматическими приборами (счетчиками) или визуально.

Учет движения проводят на всех дорогах общегосударственного, республиканского и на важнейших дорогах областного и местного значения. Учет ведут с разделением автомобилей по группам: легкие грузовые (грузоподъемность до 2 т); средние грузовые (от 2,1 до 5 т); тяжелые грузовые (от 5,1 до 8 т); очень тяжелые грузовые (более 8 т); автомобильные поезда (по соответствующим весовым категориям); легковые автомобили, автобусы.

Пункты учета в зависимости от назначения могут быть постоянными и передвижными. Постоянные учетные пункты предназначены для получения данных, характеризующих общие закономерности движения транспортных потоков, изменение интенсивности и состава движения в течение года, недели и по часам суток. На постоянных учетных пунктах, как правило, ведется круглосуточный учет движения. Передвижные учетные пункты предназначены для получения информации о движении по всем звеньям сети, включая дороги местного значения.

На передвижных пунктах предусматривается кратковременный учет интенсивности и состава движения.

Учетные пункты размещают в местах резкого изменения интенсивности движения, к числу которых относят пересечения автомобильных дорог подъезды к городам, примы-

кания к основной дороге других дорог и т. д. Учет движения транспортных средств на дорогах дорожные организации проводят ежегодно 4-го и 19-го числа каждого месяца независимо от способа его проведения (автоматическими приборами или визуально). В эти дни учет движения проводится непрерывно в течение суток с 0.00 до 24.00 ч по местному времени. Для выяснения особенностей и характера движения в дни общесоюзных и местных праздников, массовых мероприятий при необходимости учет проводится вне календаря.

Комплекс технических средств для учета включает аппаратуру регистрации транспортных средств, средства записи и передачи информации о движении. Комплекс может быть переносным, установлен на учетном пункте постоянно либо смонтирован на ходовых лабораториях.

В последнее время большое распространение получили автоматические счетчики с индуктивными петлевыми датчиками, которые закладывают под покрытие. Простейшие из них АСД-5М и КП-202 позволяют разделять транспортный поток на легковые и грузовые автомобили и измерять суммарную интенсивность движения.

В настоящее время в системе Минавтодора РСФСР организован выпуск счетчика КП-211. Анализатор состава транспортного потока АСП-8, разработанный РИВЦ Минавтодора Узбекской ССР, имеет один канал измерения, дает общее число автомобилей и разделяет их на семь типов.

На основании данных учета ведется систематическое накопление информации об интенсивности и составе движения на дорогах (рис. 19.3). Используя многолетние наблюдения, прогнозируют его изменение в перспективе.

При прогнозе интенсивности движения по дорогам различной категории на короткий срок (2–5 лет) используют линейную зависимость

$$N_T = N_0(1 + qT), \quad (19.1)$$

где  $N_0$  – интенсивность в начальный, базовый, год;  $q$  – средний темп роста интенсивности за последние 8–15 лет;  $T$  – прогнозируемый год.

Прогноз движения на дорогах III–V категорий на более продолжительный период (до 20 лет) возможен на основе выражения

$$N_T = N_0(1 + q/100)^{T-1}. \quad (19.2)$$

Среднегодовой темп роста в стране колеблется от 0,01 до 0,04, в редких случаях до 0,07 и существенно зависит от наличия промышленности в данном районе, численности населения, плотности сети дорог.

## Глава 20

### ОХРАНА ТРУДА И ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ СОДЕРЖАНИИ И РЕМОНТЕ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ

#### 20.1. Организация работ по охране труда и технике безопасности

Все работники дорожной службы должны строго и неукоснительно соблюдать Правила техники безопасности при строительстве, ремонте и содержании автомобильных дорог [42] и систему стандартов безопасности труда. Руководство охранной труда, ответственность за состояние техники безопасности и выполнение мероприятий по охране труда в полном объеме и в установленные сроки возложено на начальников (управляющих), главных инженеров, главных механиков и энергетиков организаций.

Непосредственными исполнителями мероприятий по охране труда и ответственными за их выполнение являются производители и старшие производители работ, строительные и дорожные мастера, начальники дорожно-ремонтных пунктов, линейные механики и энергетика, мастера цехов производственных баз и

заводов. Обязанности перечисленной номенклатуры руководителей по охране труда определены Правилами [42].

При выполнении работ, не специфичных для дорожных организаций, должны соблюдаться соответствующие отраслевые правила техники безопасности и производственной санитарии, а также ведомственные правила и инструкции.

При введении новых приемов труда, изменении технологических процессов, применении новых материалов и машин, приспособлений и оборудования, по которым требования безопасного производства работ не предусмотрены упомянутыми Правилами, необходимо разрабатывать специальные инструкции и указания, которые утверждает дорожная организация по согласованию с местной технической инспекцией профсоюзов.

Вновь поступающие могут быть допущены к работе только после прохождения ими: медицинского осмотра для профессий и видов работ, установленных перечнем Министерства здравоохранения СССР, вводного (общего) инструктажа по технике безопасности и производственной санитарии; инструктажа по технике безопасности непосредственно на рабочем месте, который также проводится при каждом переходе на другую работу или при изменении условий работы. Рабочие комплексных бригад инструктируются и обучаются безопасным приемам по всем видам выполняемых или работ.

Повторный инструктаж должен проводиться для всех рабочих не реже одного раза в 3 мес. Проведение инструктажа регистрируется в журнале. Кроме инструктажа, в течение 3 мес со дня поступления на работу, рабочий должен быть обучен безопасным методам и приемам работ по программе, утвержденной главным инженером дорожной организации. В дальнейшем ежегодно осуществляется проверка знаний рабочими указанных приемов работ и

документальное оформление этой проверки с выдачей удостоверений.

Для профессий, к которым предъявляются повышенные требования по технике безопасности, рабочие проходят курсовое обучение по типовым программам. Указанные лица допускаются к самостоятельной работе только при условии сдачи экзамена, на основании которого им выдается удостоверение. Срок действия этих удостоверений один год, по истечении этого срока они могут быть при очередной проверке знаний продлены или заменены новыми. При перерыве в работе по данной специальности более 3 мес удостоверения теряют силу. Если работник нарушил правила техники безопасности, удостоверение может быть изъято.

Знание руководителями дорожных организаций Правил техники безопасности проверяет комиссия вышестоящей организации в порядке, устанавливаемом министерством.

Руководители и инженерно-технические работники дорожных организаций всех рангов и уровней несут ответственность в уголовном и административном порядке: за невыполнение возложенных на них обязанностей по охране труда, в том числе принятых по коллективным договорам и соглашениям; нарушение своими распоряжениями или действиями требований законодательства по охране труда, а также бездействие, проявленное в этих вопросах; несчастные случаи, происшедшие вследствие несоблюдения требований и обязанностей по охране труда; невыполнение предписаний технической инспекции профсоюзов, местных органов Госгортехнадзора и Госэнергонадзора, санитарной и пожарной инспекций.

Работники проектных дорожных организаций обязаны давать в проектной документации решения по основным вопросам безопасности условий труда и отдыха работающих. Руководители и непосредственные исполнители отдельных проек-

тов несут ответственность в уголовном и административном порядке за несчастные случаи, происшедшие на дорожных работах вследствие неправильных решений, принятых в проектах, рабочих чертежах и проектах производства работ.

## **20.2. Правила техники безопасности на работах по содержанию и ремонту дорог**

До начала ремонта дорожная организация, производящая работы, должна составить схемы ограждения мест работ и расстановки дорожных знаков в соответствии с Инструкцией по организации движения и ограждению мест производства дорожных работ (ВСН 37-84) Минавтодора РСФСР. Эта Инструкция предусматривает согласование схем организации движения с органами ГАИ (см. п. 15.5).

Необходимо строго соблюдать требования техники безопасности при работе на дорожных машинах. К управлению дорожными машинами и механизмами допускаются лица, достигшие 18 лет, имеющие удостоверение на право управления машиной, признанные годными к данной работе медицинской комиссией и знающие требования безопасного ведения работ. Для управления агрегатами, состоящими из тягача и прицепного дорожного механизма, необходима специальная подготовка.

Машинисты, обслуживающие машину, в обязательном порядке должны быть обеспечены Инструкцией по эксплуатации машины, включающей в числе прочего требования техники безопасности при работе на машине и ее обслуживании, спецодеждой, спецобувью и предохранительными приспособлениями.

Запрещается работать на машинах, не закрепленных приказом или письменным распоряжением за обслуживающим ее машинистом, а в случае сложных машин и установок

(асфальтосмесителей и т.п.) – за обслуживающей ее бригадой; не прошедших наладку, освидетельствование и испытание перед вводом в эксплуатацию, а также без разрешения главного инженера или главного механика организации (подразделения) на ввод в эксплуатацию; с незаземленными металлическими частями, которые могут оказаться под напряжением; с неогражденными движущимися частями или неисправными ограждениями.

При работе в темное время суток и при плохой видимости независимо от освещения рабочих мест рабочие органы и механизмы управления машины должны быть освещены.

На машине или в зоне ее работы следует вывесить предупредительные надписи, знаки, плакаты или инструкции по технике безопасности. Во время работы дорожных машин запрещается: находиться в зоне действия машин или на площадке ее управления посторонним лицам, не работающим непосредственно на машине; сходить с площадки управления и входить на нее до полной остановки агрегата; отцеплять прицепной механизм до полной остановки тягача; оставлять механизм на проезжей части.

В случае обнаружения в грунте кабелей, труб или других подземных коммуникаций и неизвестных предметов необходимо немедленно прекратить работу и сообщить об этом руководителю работ.

Работа дорожных машин, погрузчиков, экскаваторов, стреловых кранов и других машин непосредственно под проводами действующих воздушных линий электропередачи любого напряжения запрещается. При работе и перемещении указанных машин вблизи линий электропередачи надо соблюдать специальные требования, приведенные в Правилах [42].

Работа стреловых кранов под неотключенными контактными проводами городского транспорта может производиться только под руководством инженерно-технического ра-

ботника при заземлении крана и соблюдении расстояния между стрелой крана и контактными проводами не менее 1 м, а также при наличии ограничителя-упора, не позволяющего уменьшить указанное расстояние при подъеме стрелы.

Существуют специальные требования техники безопасности при содержании земляного полотна и дорожных покрытий. Так, при осмотре участка дороги дорожный рабочий должен идти по обочине навстречу движению автомобилей, а при остановках — устанавливать перед собой предупредительный знак (днем) или стойку с красным фонарем (ночью). Рабочие должны быть одеты в специальные жилеты.

Машины, выполняющие работы на дороге, должны иметь спереди и сзади предупредительный знак «Прочие опасности». На границах этого участка необходимо выставлять дорожные знаки «Ограничение скорости до 30 км/ч», «Ремонтные работы» и включать фары и габаритные огни. Противогололедные материалы следует рассыпать только механизированным способом с использованием пескоразбрасывателей. Запрещается россыпь указанных материалов вручную из кузова движущегося автомобиля.

При работе автомобильных снегоочистителей всех типов необходимо устанавливать днем красные флажки на кабине и заднем борту кузова (капоте заднего двигателя), ночью — прожектор на кабине и красный фонарь на левом верхнем углу заднего борта или капота заднего двигателя. Водителям автомобильных снегоочистителей и пескоразбрасывателей запрещается обгонять движущиеся автомобили.

При ремонте покрытий материалы, вывезенные для ремонта дороги, следует складывать на обочине с ремонтируемой стороны дороги. При нагрузке материалов на обочине неогражденного участка необходимо установить перед ними на расстоянии 5–10 м по ходу движения барьер переносного типа и дорож-

ный предупреждающий знак «Ремонтные работы». Складывать материалы на обресе дороги, проходящей в выемке, разрешается не ближе 1 м от бровки выемки. Запрещается складывать материалы на откосах насыпей и выемок.

При ямочном ремонте проезжей части и ремонтных работах на обочинах устанавливают легкие барьеры с предупреждающими знаками «Ремонтные работы» на расстояниях 5–10 м перед и за ремонтируемым местом.

В случае необходимости ручного розлива горячего битума (например, лейками) при мелком ямочном ремонте набирать битум из котла нужно черпаками с рукоятью длиной не менее 1 м, наполняя ковш на  $\frac{3}{4}$  его объема. Объем ручных леек не должен превышать 10–12 л. Горячую смесь, содержащую пек или креозотовое масло, разливают только из плотно закрывающихся сосудов.

Смесь из автомобиля-самосвала разрешается выгружать, убедившись в отсутствии рабочих в зоне выгрузки. При этом рабочие должны находиться в стороне, противоположной опрокидыванию кузова автомобиля-самосвала.

Разноска горячей асфальтобетонной смеси совковыми лопатами вручную допускается на расстояние не более 8 м. Запрещается перебрасывать горячую смесь. При необходимости подачи горячей асфальтобетонной смеси к месту укладки на расстояние свыше 8 м следует применять тачки или носилки. Распределять и разравнивать асфальтобетонную смесь необходимо в специальной обуви и рукавицах, находясь вне полосы горячей смеси.

### **20.3. Правила техники безопасности при содержании и ремонте искусственных сооружений и зданий**

Ремонт и содержание мостов, труб и зданий дорожной и автотранспортной служб выполняют в соот-

ветствии с утвержденной проектно-технической документацией, содержащей требования безопасного выполнения работ.

К работам на высоте более 5 м допускаются лица не моложе 18 лет, прошедшие медицинское освидетельствование, знающие требования безопасного ведения работ и имеющие удостоверение на право верхолазных работ.

При производстве работ над водой в местах глубже 1,5 м вблизи места работ должна находиться дежурная лодка, оборудованная спасательными принадлежностями. Во время грозы и при ветре более 6 баллов наружные работы на лесах и подмостях запрещаются.

Перестраивать подземные сооружения (трубопроводы, кабели, коллекторы), переносить опоры (столбы) воздушных линий связи и электропередачи, сносить и переносить строения можно только с письменного разрешения организации, ответственной за их эксплуатацию. К разрешению должны быть приложены сведения, необходимые для составления проекта организации работ: план с указанием расположения, глубины заложения подземных коммуникаций и высоты подвесок наземных коммуникаций, назначение и этажность зданий.

Незасыпанные колодцы и шурфы на участке проведения работ должны быть закрыты или ограждены.

Временные коммуникации (сети водоснабжения и пр.) в местах пересечения их с дорогами, улицами, проездами и проходами должны быть заглублены. Проходы для рабочих, расположенные на уступах, откосах и косогорах с уклоном более 20°, необходимо оборудовать стремянками или лестницами шириной не менее 0,8 м с односторонними перилами высотой 1 м.

При содержании и ремонте искусственных сооружений и дорожных зданий соблюдают те же требования техники безопасности, что и при строительстве этих сооружений.

Особые требования необходимо соблюдать при пропуске ледохода и паводковых вод под автодорожными мостами. Сведения о сроках подвижки льда, вскрытии рек, о горизонтах воды во время паводка должны быть заблаговременно получены от органов гидрометеослужбы. К началу подвижки льда и поднятия горизонта воды необходимо обеспечить круглосуточное дежурство прикрепленных ответственных исполнителей, транспортных средств и подрывных команд; доставку на место работ строительных материалов, инструмента, инвентаря и спасательных средств; освещение охраняемого места при работе в темное время суток или при плохой видимости.

На время прохода ледохода и паводка приказом руководителя работ организуются спасательные пункты, состав, количество и оснащение которых зависят от местных условий. Спасательные пункты (стационарные и передвижные) должны иметь катера и шлюпки с необходимым оснащением. Вахта каждого пункта должна состоять не менее чем из 2 чел.

При обследовании ледовых полей выходить на лед следует группой не менее 2 чел., передвигаться цепочкой, соблюдая расстояние не менее 5 м. Передний и задний идущие обвязываются веревкой, за которую держатся идущие между ними. Передний идет на легко снимаемых лыжах, проверяя прочность льда. В результате обследования все места, представляющие опасность при перемещении по льду, должны быть отмечены вешками или ельником.

Взрывные работы при ликвидации заторов осуществляются под руководством опытного взрывника. При производстве взрывных работ, а также при работах около полыньи необходимо иметь спасательные круги.

Для скалывания льда у искусственных сооружений перед и во время ледохода, пробивки прорубей и лунок для взрывания льда рабочие должны пользоваться баграми, шес-

тами и настилами. Для подноски материала к месту размыва должны быть устроены стремянки или полугие лестницы с перильным ограждением. В темное время рабочие места, подходы к ним, места складирования материалов и укреплений должны быть хорошо освещены.

#### **20.4. Охрана автомобильных дорог**

Охрана дорог – комплекс мероприятий, направленных на предупреждение повреждений дорог, сооружений на них и транспортных средств с целью обеспечить удобное и безопасное дорожное движение.

Советами Министров союзных республик утверждены Правила пользования и охраны дорог. Контроль за их выполнением возлагается на дорожные организации, органы внутренних дел и исполкомы местных Советов народных депутатов.

Для различных организаций, чьи действия могут каким-либо образом повлиять на дорожное движение, предусмотрены определенные санкции.

Дорожные организации обязаны содержать дороги и сооружения в исправном и чистом состоянии, устанавливать дорожные знаки, обеспечивать их сохранность и хорошую видимость.

Дорожные организации с целью сохранить проезжую часть дорог, мосты, трубы могут полностью закрывать или ограничивать движение в периоды стихийных бедствий (снежные заносы, наводнения, размывы полотна после ливней, осадки и оползи насыпей), при возникновении пучин или резком снижении прочности одежд весной или осенью. При этом дорожная служба заблаговременно в печати и по радио извещает о закрытии дороги. Движение разрешается только после полного устранения причин, вызвавших опасность. Кроме дорожной организации, ГАИ самостоятельно

может закрыть или ограничить движение в тех случаях, когда возникает угроза безопасности движения.

Землепользователи, по территории которых проложены дороги, должны поддерживать исправными съезды, тротуары, пешеходные дорожки, переходные мостки. Все, что примыкает к дорогам должно быть исправным и опрятным.

Территория полосы отвода выделяется дорожным линейным работникам для выращивания сельскохозяйственных культур. Недоиспользованные земли можно передать колхозам и совхозам для выращивания низкорослых культур, не создающих помех видимости.

Категорически запрещается движение транспортных средств с массой, габаритами и скоростью, большими, чем это допускается нормативами. Особо это требование необходимо соблюдать в весенние и осенние периоды повышенного увлажнения грунта земляного полотна. Нельзя допускать и движение транспортных средств с колесами, имеющими цепи, шины и другие приспособления, которые могут повредить покрытие.

Большой вред наносят неорганизованные съезды. Их надо немедленно ликвидировать. Запрещается стоянка транспортных средств и складывание грузов на полосе отвода. Как исключение, стоянка машин и механизмов разрешается, но при условии их ограждения. Запрещается также на полосе отвода: устанавливать панно и рекламные щиты, не способствующие улучшению дорожного движения или сервиса; прогон и выпас скота, проведение строительных работ; прокладка коммуникаций без согласования с дорожными организациями; вырубка деревьев, сбор фруктов, установка палаток.

Спортивные соревнования на дорогах можно проводить после согласования с исполкомами, дорожными организациями и органами ГАИ. Запрещается также сушить, проветривать и складывать на дорогах сельскохозяйственные культуры.

### Раздел I

#### Основы теории эксплуатации дорог и организации движения

1. Что такое эксплуатация дорог, каковы ее основные цели и задачи?
2. Как влияет состояние дорог на показатели работы автомобильного транспорта?
3. Какие основные задачи необходимо решать при повышении технического уровня и эксплуатационного состояния дорог?
4. Что такое комплекс ВАДС и каковы его основные подсистемы?
5. Что является теоретической основой эксплуатации дорог и организации движения?
6. В чем суть двухуровневого управления системой ДУ – ПП?
7. Показать схему сил, действующих в зоне контакта ведущего колеса автомобиля с покрытием.
8. Что такое сопротивление качению и коэффициент сцепления, как они изменяются с изменением скорости?
9. Как влияет шероховатость покрытия на коэффициент сцепления?
10. Каким показателем можно оценить степень соответствия состояния покрытия требованиям движения?
11. Чем характеризуются параметры ровности покрытия?
12. Какие критерии оценки допустимых неровностей покрытия?
13. Чем различаются взаимодействия колеса автомобиля с мокрым и заснеженным покрытием?
14. Назовите основные требования к ровности, шероховатости и сцепным качествам покрытий.
15. Какие природно-климатические факторы действуют на дорогу в различные периоды года?
16. Как изменяется водно-тепловой режим (ВТР) земляного полотна по периодам года?
17. Как определить продолжительность расчетного периода для дорожной одежды?
18. В чем суть процесса пучинообразования, его основные стадии?
19. Как определить размер допускаемого пучения дорожных одежд?
20. Как изменяется фактически используемая для движения ширина проезжей части и обочин по периодам года?

21. Какие состояния поверхности покрытия принимают за расчетные и как определить их продолжительность?

22. Какие группы факторов способствуют возникновению деформаций и разрушений дорожных одежд?

23. Как действуют автомобильные нагрузки на дорожную одежду?

24. Какие деформации и разрушения возникают на покрытии и в чем их причины?

25. Чем отличаются деформации и разрушения дорожной одежды от деформаций и разрушений покрытия?

26. Назовите основные виды деформаций земляного полотна и системы водоотвода.

### Раздел II

#### Оценка транспортно-эксплуатационных показателей и состояния автомобильных дорог

1. Назовите основные транспортно-эксплуатационные показатели автомобильной дороги (ТЭП АД).
2. Какие показатели характеризуют состояние дорожной одежды?
3. Какими показателями оценивают безопасность движения?
4. Как определить среднюю скорость транспортного потока?
5. Как оценить влияние ширины проезжей части и продольных уклонов на коэффициент обеспеченности расчетной скорости?
6. Как влияет ровность и коэффициент сцепления на обеспеченность расчетной скорости?
7. Как определить уровни загрузки дороги движением по периодам года?
8. В чем особенности построения сезонного графика коэффициентов аварийности?
9. Что положено в основу районирования территории страны по условиям движения автомобилей?
10. Чем и как определяют геометрические параметры дорог?
11. Какие установки применяют для оценки прочности дорожных одежд?
12. Как и чем измеряют показатели ровности, шероховатости и сцепных качеств покрытия?

13. В чем суть комплексной оценки качества и состояния дорог?

14. Что такое ремонт дорог и в чем заключается его задача?

15. Назовите основные виды работ, относящиеся к ремонту земляного полотна и дорожной одежды.

16. Какие работы выполняют при ремонте искусственных сооружений, дорожных устройств и обстановки дороги?

17. Что такое содержание дорог и в чем состоит его основная задача?

18. Назовите основные работы по содержанию земляного полотна, дорожных одежд и дорожного обустройства.

19. По какому комплексу основных показателей назначают вид ремонта?

20. Что такое работоспособность дороги, дорожной одежды и покрытия?

21. Как определяют межремонтные сроки дорожных одежд?

22. Что такое надежность дороги и дорожной одежды?

23. В чем суть методики оценки эффективности дорожно-ремонтных работ?

24. Каков порядок разработки проектов на ремонт дорог?

16. Каков порядок технико-экономического обоснования требований к зимнему содержанию дорог?

17. Как конструкция снегозащитных лесонасаждений зависит от объема снегоприноса?

18. В чем заключается благоустройство и архитектурно-художественное оформление дорог?

19. Как укрепляют обочины и откосы земляного полотна?

20. В чем состоит ремонт покрытий из щебня и гравия, обработанных органическими вяжущими?

21. Что такое влажные органо-минеральные смеси (ВОМС) и как их применяют при ремонте дорожных одежд?

22. Какие существуют способы термопрофилирования асфальтобетонных покрытий и где они применяются?

23. Расскажите порядок устройства поверхностной обработки с указанием применяемых материалов.

24. Как работает машина для устройства поверхностной обработки за один проход?

25. Назначение защитных слоев, технология их строительства из литых эмульсионно-минеральных смесей (ЛЭМС).

26. Как ремонтируют шелушение, ямочность и сколы цементобетонных покрытий?

27. Какие существуют способы усиления дорожных одежд с асфальтобетонными и цементобетонными покрытиями?

28. В чем особенности работы дорожных покрытий на дорогах в горной местности, какие методы повышения их сдвигоустойчивости применяют при ремонте?

29. Назовите способы предупреждения образования оползней, которые необходимо выполнять при содержании дорог в горной местности?

30. Расскажите принцип действия снеговыдувающего забора.

31. Что надо предпринять для предупреждения образования наледей?

32. В чем состоит защита дорог от песчаных заносов и ветровой эрозии в пустынных районах?

### Раздел III

#### Технология и организация содержания и ремонта дорог

1. В чем состоит уход за пучинистыми участками весной?

2. Какие работы выполняют при летнем содержании черных щебеночных и черных гравийных покрытий?

3. Как выполняют ямочный ремонт асфальтобетонных покрытий?

4. Какие работы выполняют при содержании цементобетонных покрытий?

5. Как проводят обеспыливание?

6. Каков порядок пропуска ледохода и паводка под мостами?

7. Что входит в комплекс мер по зимнему содержанию дорог и каковы требования к их состоянию в зимний период?

8. Что такое снегопринос к дороге, как его определить?

9. Назовите способы и принципы защиты дорог от снежных заносов.

10. Как определить высоту снегозадерживающего забора?

11. Какие снегозадерживающие устройства относятся к временным?

12. В чем состоит патрульная снегоочистка и расчистка снежных заносов?

13. Какие виды зимней скользкости бывают и какие методы борьбы с ней применяют на дорогах?

14. В чем суть химического метода борьбы с зимней скользкостью и какие химические материалы применяют при этом?

15. Из каких сооружений состоят базы хранения противогололедных материалов?

### Раздел IV

#### Организация и обеспечение безопасности и удобства движения на дорогах

1. В чем состоит влияние дорог на психофизиологическое состояние водителя и что такое плотность событий?

2. В чем суть организации дорожного движения?

3. Как определяют интенсивность движения на дорогах?

4. Как можно управлять скоростью и пропускной способностью дорог?

5. Какие существуют виды разметки и какие материалы для этого применяют?

6. Знаки каких групп и типоразмеров применяют на дорогах?

7. Каков порядок размещения дорожных знаков на дороге?

8. В чем особенности организации движения в зимний период?

9. Какие нагрузки относят к сверхнормативным и как организуют их пропуск по дорогам?

10. В чем суть автоматизированного управления движением на дорогах и какие существуют системы управления?

11. Покажите структурную схему системы АРДАМ и назовите ее основные элементы.

12. Как выбирают критерии управления движением и используют основную диаграмму транспортного потока при решении задач управления движением?

13. Назовите порядок регистрации и анализа дорожно-транспортных происшествий (ДТП)?

14. Как влияет уширение проезжей части и укрепление обочин на скорость и безопасность движения?

15. Какие меры по повышению безопасности движения принимают на участках крутых подъемов и кривых малого радиуса в плане?

16. На какие группы подразделяются ограждения на дорогах, где их устанавливают?

17. Какова роль сигнальных столбиков?

18. Какие меры необходимы для повышения безопасности движения в пределах населенных пунктов?

19. Что такое аварийный съезд, как назначают его размеры?

20. В каких случаях устраивают освещение на дорогах?

21. Какие временные (сезонные) мероприятия необходимы для повышения безопасности движения в осенний и зимний периоды?

22. В чем суть метода «до» и «после» при оценке эффективности мероприятий по повышению безопасности движения?

23. Какие здания и сооружения необходимы для автотранспортной службы?

24. Какие здания и сооружения необходимы для обслуживания водителей и пассажиров?

25. Покажите схему комплекса дорожного сервиса.

26. Что такое сигнально-вызывная связь?

27. Какие отрицательные воздействия на окружающую среду оказывает дорога, авто-

мобили и работы по ремонту и содержанию дорог?

28. Как снизить уровень шума от движения на автомобильных дорогах?

29. Какие меры принимают для уменьшения загазованности от автомобилей?

30. Как снизить агрессивное воздействие противогололедных солей?

## Раздел V

### Организация эксплуатации и управление автомобильными дорогами

1. Покажите структуру управления дорожными организациями на примере Минавтодора РСФСР или другой союзной республики.

2. Какие основные подразделения входят в состав низовых дорожных организаций по ремонту и содержанию дорог?

3. Какие здания и сооружения входят в состав базы дорожно-эксплуатационной службы?

4. В чем особенности организации работ по содержанию дорог?

5. Как оценивают качество содержания элемента дороги и ее участка?

6. В чем состоит планирование качества работ по ремонту и содержанию дорог?

7. Назовите методы организации работ по ремонту дорог и покажите их особенности.

8. Виды натурных обследований, выполняемых при паспортизации дорог, какие средства применяют при этом?

9. Что записывают в линейный график паспорта дороги?

10. Из каких подсистем состоит автоматизированная система паспортизации дорог?

11. В чем состоит комплекс мер по охране дорог?

12. Каков порядок инструктажа по охране труда и технике безопасности при поступлении на работу?

13. Как ограждаются участки ремонтных работ и места работы машин на дорогах?

14. Какие правила движения снегоочистителей и лескоразбрасывателей при работе на дороге?

1. Бабков В.Ф. Дорожные условия и безопасность движения. М.: Транспорт, 1982. 288 с.
2. Борьба со снегом и гололедом на транспорте: Материалы 2-го международного симпозиума/Пер. с англ. М.: Транспорт, 1986. 216 с.
3. Васильев А.П. Состояние дорог и безопасность движения автомобилей в сложных погодных условиях. М.: Транспорт, 1976. 224 с.
4. Васильев А.П., Фримштейн Н.И. Управление движением на автомобильных дорогах. М.: Транспорт, 1979. 296 с.
5. Васильев А.П. Проектирование дорог с учетом влияния климата на условия движения. М.: Транспорт, 1986. 248 с.
6. Водно-тепловой режим земляного полотна и дорожных одежд/Под ред. И.А. Золотаря, Н.А. Пузакова, В.М. Сиденко. М.: Транспорт, 1971. 416 с.
7. Зимнее содержание автомобильных дорог/Бялобжеский Г.В., Дюнин А.К., Плакса Л.Н. и др.; Под ред. А.К. Дюнина. М.: Транспорт, 1983. 197 с.
8. Клинковштейн Г.И. Организация дорожного движения. М.: Транспорт, 1982. 240 с.
9. Краткий автомобильный справочник. Транспорт, 1985. 220 с.
10. Лобанов Е.М. Проектирование дорог и организация движения с учетом психофизиологии водителя. М.: Транспорт, 1980. 311 с.
11. Матросов А.П. Содержание и ремонт автомобильных дорог. Ростов н/Д: Изд. Ростовского инж.-стр. ин-та, 1985. 100 с.
12. Немчинов Н.В. Сцепные качества дорожных покрытий и безопасность движения автомобилей. М.: Транспорт, 1985. 231 с.
13. Операционный контроль качества земляного полотна и дорожных одежд/Под ред. А.Я. Тулаева. М.: Транспорт, 1985. 224 с.
14. Орнатский Н.П. Благоустройство автомобильных дорог. М.: Транспорт, 1986. 136 с.
15. Реконструкция автомобильных дорог/В.Ф. Бабков, А.Я. Тулаев, В.К. Некрасов и др.; Под ред. В.Ф. Бабкова. М.: Транспорт, 1987. 264 с.
16. Сильянов В.В. Теория транспортных потоков в проектировании дорог и организации движения. М.: Транспорт, 1977. 303 с.
17. Слободчиков Ю.В. Условия эксплуатации и надежность работы автомобильных дорог. М.: Транспорт, 1987. 128 с.
18. Содержание и ремонт автомобильных дорог: Справочник инженера-дорожника/Под ред. А.П. Васильева. М.: Транспорт, 1989. 287 с.
19. Сюньи Г.К., Усманов К.Х., Файнберг Э.С. Регенерированный дорожный асфальтобетон. Под ред. Г.К. Сюньи. М.: Транспорт, 1984. 118 с.
20. Усиление нежестких дорожных одежд/Под ред. О.Т. Батракова. М.: Транспорт, 1985. 144 с.
21. Хомяк Я.В. Организация дорожного движения. Киев: Вища школа, 1986. 271 с.
22. Хомяк Я.В., Скорченко В.Ф. Автомобильные дороги и окружающая среда. Киев: Вища школа, 1983. 160 с.
23. Эксплуатация автомобильных дорог и организация дорожного движения/Под ред. Н.Н. Леонovichа, Минск: Вышэйшая школа, 1988. 348 с.
24. Эксплуатация городских улиц и дорог/Под ред. А.Я. Тулаева. М.: Стройиздат, 1979. 288 с.

### Инструктивно-нормативная литература

25. Временная классификация работ по ремонту и содержанию автомобильных дорог общего пользования/Минавтодор РСФСР. М.: Изд. ЦБНТИ Минавтодора РСФСР, 1988. 10 с.
26. ГОСТ 13508-74. Разметка дорожная.- Взамен ГОСТ 13508-68; Введ. 25.01.74; Срок действия до 01.01.80. Изд. Январь 1975.- 31 с. УДК 625.745.6 (083.74). Группа Д38 СССР.
27. ГОСТ 10807-78. Знаки дорожные. Общие технические требования.- Взамен ГОСТ 10807-71; Введ. 30.08.78; Срок действия до 01.01.90. Изд. Март 1979.- 117 с. УДК 625.745.6:006.354 Группа Д28 СССР.
28. ГОСТ 23457-86. Технические средства организации дорожного движения. Правила применения.- Взамен ГОСТ 23457-79; Введ. 24.06.86; Срок действия до 01.01.92. Изд. Февраль 1987.- 65 с. УДК 656.11.054/056.004.14: :006.354. Группа Д08 СССР.
29. Инструкция по борьбе с зимней скользкостью на автомобильных дорогах (ВСН 20-87)/Минавтодор РСФСР. М.: Транспорт, 1988. 41 с.
30. Инструкция по организации движения и ограждению мест производства дорожных работ (ВСН 37-84)/Минавтодор РСФСР. М.: Транспорт, 1985. 59 с.
31. Инструкция по оценке качества текущего ремонта и содержания автомобильных дорог (ВСН 10-87)/Минавтодор РСФСР. М.: Транспорт, 1987. 21 с.
32. Инструкция по перевозке крупногабаритных и тяжеловесных грузов автомобильным транспортом/МВД СССР. М.: Б.И. 1977. 40 с.
33. Инструкция по проведению осмотра мостов и труб на автомобильных дорогах

(ВСН 4-81)/Минавтодор РСФСР. М.: Транспорт, 1982. 33 с.

34. Инструкция по проведению рубок ухода в снегозащитных насаждениях вдоль автомобильных дорог (ВСН 34-78)/Минавтодор РСФСР. М.: Транспорт, 1979. 24 с.

35. Инструкция по учету движения транспортных средства на автомобильных дорогах (ВСН 45-68)/Минавтошосдор РСФСР. М.: Транспорт, 1969. 56 с.

36. Методические рекомендации по планированию работ текущего ремонта и содержания автомобильных дорог. М.: Изд. ЦБНТИ Минавтодора РСФСР, 1985. 58 с.

37. Методические рекомендации по проектированию и оборудованию автомагистралей для обеспечения безопасности движения. М.: Транспорт, 1983. 120 с.

38. Методические рекомендации по способам укрепления обочин и откосов автомобильных дорог нефтяных промыслов Западной Сибири. М.: Изд. Союздорнии, 1984. 59 с.

39. Указания по оценке прочности и расчету усиления нежестких дорожных одежд (ВСН52-89)/Минавтодор РСФСР. М.: Изд. ЦБНТИ Минавтодора РСФСР, 1989. 77 с.

40. Методические указания по определению состава объектов автосервиса и их размещения на автомобильных дорогах общегосударственного и республиканского значения РСФСР (ВСН 62-82)/Минавтодор РСФСР. М.: Изд. Гипродорнии, 1987. 78 с.

41. Правила приемки работ при строительстве, капитальном и среднем ремонтах автомобильных дорог (ВСН 19-81)/Минавтодор РСФСР. М.: Транспорт, 1982. 120 с.

42. Правила техники безопасности при строительстве, ремонте и содержании автомобильных дорог. М.: Транспорт, 1979. 175 с.

43. Региональные и отраслевые нормы межремонтных сроков службы нежестких дорожных одежд и покрытий (ВСН 41-88)/Минавтодор РСФСР. М.: Изд. ЦБНТИ Минавтодора РСФСР, 1988. 8 с.

44. Указания по производству изысканий и проектированию лесонасаждений вдоль автомобильных дорог (ВСН 33-87)/Минавтодор РСФСР. М.: Транспорт, 1988. 95 с.

45. Рекомендации по оценке прочности нежестких дорожных одежд методами статического и кратковременного нагружения. М.: Изд. ЦБНТИ Минавтодора РСФСР, 1983. 17 с.

46. Рекомендации по применению асфальтобетонных на основе разнопрочных каменных материалов. М.: Изд. ЦБНТИ Минавтодора РСФСР, 1986. 24 с.

47. Рекомендации по применению влажных органоминеральных смесей для устройства конструктивных слоев дорожных одежд. М.: Изд. ЦБНТИ Минавтодора РСФСР, 1986. 45 с.

48. Рекомендации по снижению шума на автомобильных магистралях. Алма-Ата: Изд. Минавтодора КазССР, 1979. 60 с.

49. Рекомендации по укреплению обочин при ремонте и строительстве автомобильных дорог с применением рулонных синтетических

материалов. М.: Изд. ЦБНТИ Минавтодора РСФСР, 1985. 44 с.

50. Рекомендации по устройству комбинированных дорожных покрытий из черного щебня и битумного шлама. М.: Изд. ЦБНТИ Минавтодора РСФСР, 1979. 24 с.

51. Руководство по оценке пропускной способности автомобильных дорог. М.: Транспорт, 1982. 88 с.

52. СНиП 2.05.02-85. Автомобильные дороги. Нормы проектирования/Госстрой СССР. М.: Изд. Госстроя СССР, 1986. 52 с.

53. СНиП 3.06.03-85. Организация, производство и приемка работ. Сооружения транспорта. Автомобильные дороги/Госстрой СССР. М.: Изд. Госстроя СССР, 1986. 112 с.

54. Смеси органоминеральные влажные для устройства конструктивных слоев дорожных одежд (ТУ 218 РСФСР 536-85). М.: Изд. ЦБНТИ Минавтодора РСФСР, 1986. 20 с.

55. Схемы операционного контроля качества работ по ремонту и содержанию автомобильных дорог. Киев: Будівельник, 1982. 11 с.

56. Технические правила ремонта и содержания автомобильных дорог (ВСН 24-88)/Минавтодор РСФСР. М.: Транспорт, 1989. 198 с.

57. Технические правила ремонта и содержания автомобильных дорог общего пользования Украинской ССР (П 218 УССР 113-80)/Миндорстрой УССР. Киев: Будівельник, 1981. 192 с.

58. Технические указания по оценке и повышению технико-эксплуатационных качеств дорожных одежд и земляного полотна автомобильных дорог (ВСН 29-76)/Минавтодор РСФСР. М.: Транспорт, 1977. 103 с.

59. Технические указания по укреплению обочин автомобильных дорог (ВСН 39-79)/Минавтодор РСФСР. М.: Транспорт, 1980. 47 с.

60. Технические указания по устройству дорожных покрытий с шероховатой поверхностью (ВСН 38-88)/Минавтодор РСФСР. М.: Транспорт, 1979. 56 с.

61. Типовая инструкция по техническому учету и паспортизации автомобильных дорог общего пользования (ВСН 1-83)/Минавтодор РСФСР. М.: Транспорт, 1983. 48 с.

62. Указания по обеспечению безопасности движения на автомобильных дорогах (ВСН 25-86)/Минавтодор РСФСР. М.: Транспорт, 1988. 183 с.

63. Указания по оценке эффективности дорожно-ремонтных работ (ВСН 2-80)/Минавтодор РСФСР. М.: Транспорт, 1981. 32 с.

64. Указания по применению дорожных знаков/МВД СССР, Минавтодор РСФСР. М.: Транспорт, 1984. 112 с.

65. Указания по разметке автомобильных дорог (ВСН 23-75)/Минавтодор РСФСР. М.: Транспорт, 1976. 124 с.

66. Указания по разработке и утверждению технической документации на капитальный ремонт автомобильных дорог (ВСН 13-83)/Минавтодор РСФСР. М.: Транспорт, 1983. 32 с.

А

- Аварийные съезды 241. *См. также* Безопасность движения на дорогах  
 Автозимники, содержание 146  
 Автоматизированное управление движением  
     основные этапы  
         анализ информации и выработка мероприятий 218  
         контроль за системой 218  
         оценка системы 218  
         реализация решений 218  
     системы управления  
         -- автоматизированные на сети дорог (система АСУР СА) 218  
         -- локальные 218  
         -- на автомагистралях (система АРДАМ) 218, 219-220  
         -- простые 218  
         -- сложные линейные 218  
         ---- сетевые 218  
     технические средства управления 219  
 Автомобили  
     габариты 5  
     динамические характеристики 62  
     допустимая нагрузка на ось 5  
     колебания автомобиля  
         амплитуда 24  
         неустановившиеся 24  
         установившиеся 24  
     производительность годовая  
         влияние дорожных условий 9-10  
         грузоподъемность автомобиля 9-10  
         средняя скорость 9-10  
     себестоимость перевозок 9, 112  
 Агрессивные свойства хлоридов 153-154  
 Аквапланирование  
     динамическое 26  
     критическая глубина слоя воды 26  
     причины возникновения 26-27  
     скорость аквапланирования 26  
     физическая сущность 26  
 Асфальтобетонные покрытия  
     Механизация работ *см.* Термопланировщик  
     ремонт  
         виды материалов 121  
         восстановление свойств покрытия на месте  
         пропитка покрытия пластификаторами 177  
         снятие и переработка асфальтобетона в смесителе 180  
         регенерация 177, 179-180  
         фрезерование горячее 177, 181  
         холодное 181

- термогенерация или термопрофилирование 177, 178  
 термогомогенизация 177, 178  
 термопланирование (реформинг) 177-178  
 термопластификация 177  
 термосмещение (ремикс) 177  
 термоукладка (репейвинг) 177, 178, 179  
 ямочный ремонт 121  
 содержание  
     исправление кромок 121  
     устранение трещин, выбоин, волн, наплывов 121  
     старение асфальтобетона, стадии 43  
     усиление покрытия 117  
     устройство шероховатой поверхностной обработки 99, 176

Б

- Базы противогололедных материалов  
 высокомеханизированные капитальные 157, 158  
 простейшие временные 157, 158  
 хранение, приготовление материалов  
     ---- фрикционных 156, 158  
     ---- химических 156  
     ---- жидких 158  
     ---- твердых 156  
 Безопасность движения на дорогах  
     методы оценки  
         -- по абсолютному числу происшествий 72  
         --- графику сезонных коэффициентов аварийности 72-75, 243  
         ---- итоговому коэффициенту аварийности 73  
         ---- коэффициентам безопасности 72, 73  
         ----- происшествий 72  
         ---- километровому графику ДТП 72  
     способы повышения безопасности  
         временные (сезонные) 243  
         выбор способа защиты 244  
         в неблагоприятные периоды года 243  
         кратковременные 243  
         постоянные 243  
         средствами дорожной службы 227  
     оценка эффективности мероприятий 246, 247  
 Благоустройство автомобильных дорог  
     автопавильоны 173, 174  
     декоративное озеленение 173  
     маршрутные схемы и указатели 173  
     монументально-декоративные средства 175  
     оформление границ республик и областей 175

Борьба с зимней скользкостью  
виды образований  
гололед 147  
снежный накат 147–148, 149  
материалы  
дробленые каменные 149  
мелкий гравий 149  
отходы промышленности 149  
песок 149  
шлак топливный 149  
хлориды жидкие и твердые 150–152  
методы борьбы  
гидрофобизация покрытий 154  
профилактический 149, 155  
физико-химический 149, 155  
фрикционный 149  
химико-механический 150  
химико-фрикционный 150  
химический 149, 150  
механизация и технология работ 152

## В

Взаимодействие автомобиля с дорогой  
с мокрым покрытием 25  
коэффициент сопротивления качению 19, 20  
– бокового давления ветра 65, 66–67  
– сцепления 19–20, 22  
– трения 19  
сила сцепления 19–20  
сопротивление качению 17  
требования к поверхности качения 28–29  
сцепные качества покрытия 20–22  
Водно-тепловой режим дорожной конструкции  
закономерности 32–33  
источники увлажнения  
атмосферные осадки 29–30  
вода со стороны откосов 29–30  
капиллярное увлажнение 29–30  
парообразная влага 29–30  
поверхностная вода 29–30  
периоды увлажнения  
весенний 33  
летний 33  
морозный (период промерзания) 32  
предзимний 32  
сезонное изменение 32  
физическая теория тепловлагообмена 30–31

## Г

Гололед *см.* Борьба с зимней скользкостью  
Гравийные и щебеночные покрытия *см.* Щебеночные (гравийные) покрытия  
Грунтовые и грунтово-улучшенные дороги  
обеспыливание 100, 118–119  
очистка 100  
содержание по периодам года  
задачи основные 119, 120  
ликвидация пучинистых мест 119  
профилирование 100, 120  
укрепление добавками 100

## Д

Декоративное озеленение дорог *см.* Лесонасаждения

Деформации и разрушения дорожных одежд и покрытий  
волны и гребенки 47  
выкрашивания и выбоины 46  
напряженно-деформированное состояние дорожной одежды 41  
проломы и просадки 48  
разрушения кромок и стыков 48  
сдвиги 46  
старения материалов дорожной одежды 46  
структура слоев дорожной одежды 42  
трещины 47, 48  
шелушение 45

Деформации и разрушения земляного полотна и водоотводных сооружений  
оползание откосов 44  
осадки и просадки насыпей 44  
пучины *см.* Пучины на автомобильных дорогах  
размывание и выдувание обочин 45  
сползание насыпей 44

Дороги в горной местности, безопасность движения *см.* Эксплуатация дорог в особых условиях

устройство аварийных съездов 241–242  
– дополнительных полос с разметкой 241  
– улавливающих карманов 241  
установка ограждений 242

Дороги в населенных пунктах, безопасность движения

установка дорожных знаков 239  
устройство велосипедных дорожек 238  
– освещения 237–238  
– островков безопасности 239–240  
– пешеходных переходов и тротуаров 238–239  
– разметки 239–240

Дорожная сеть страны, состояние и развитие  
динамика роста 6  
допустимые нагрузки 5  
задачи и направление технического прогресса 9–10  
состояние сети 8

Дорожная служба  
задачи 209, 226–227  
производственная база 266–268  
структура службы 266

Дорожно-патрульная служба 264–265

Дорожное движение  
восприятие условий движения водителем 203–204

организация движения  
на ветроопасных участках 206  
– туманоопасных участках 206  
мероприятия 248  
разделение транспортных потоков 204  
регулирование скорости 214  
разметка *см.* Разметка автомобильных дорог  
сезонные ограничения движения 209  
технические средства организации движения 205

Дорожно-ремонтные работы

классификация 97  
метод организации  
комбинированный 271  
параллельный 270  
поточный (маршрутный) 269–270  
участково-параллельный 270

- участково-последовательный 270
  - нормирование затрат 110
  - определение видов работ 101–102
  - организация движения при ремонте 245–246
  - оценка эффективности работ 111–112
  - порядок планирования 108–111
  - приемка работ 194–195
  - проектно-сметная документация, состав 112–113
  - реконструкция дорог 97
  - ремонт и содержание
    - дорожных одежд 99–100
    - земляного полотна и водоотвода 99–100
    - искусственных сооружений 99
    - обочин 165
    - обстановки дороги 99–100
  - техничко-экономический критерий назначения ремонтных работ 111
  - технологические схемы ремонта 272
  - Дорожно-транспортные происшествия
    - анализ причин
      - активных факторов 7
      - косвенных (второстепенных) 7
    - выявление мест концентрации 227. *См. также* Безопасность движения на дорогах
    - регистрация и учет 227
    - роль водителей 7
    - дорожных условий 7–8, 228–230
  - Дорожные лаборатории передвижные 7, 86, 94
  - Дорожные покрытия и одежды
    - линейный график ровности 94
    - полевые испытания прочности
      - линейные 88
      - на контрольных точках 88
    - методы оценки ровности 92
    - оценка состояния дорог
      - обследования деталей 84, 85
      - осмотры периодические 84
      - сезонные 84
      - текущие 84
    - приборы 85–86, 91
    - приборы для измерения ровности 92–93
    - состояние покрытия влажное 25
    - заснеженное 25
    - мокрое 25
    - сухое 24
    - требования к показателям поверхности 28–29
    - способы измерения прочности
      - динамические 89–90, 91
      - падающим грузом 90
      - статические (колесом) 88–89
    - стадии старения материалов 43
    - структуры слоев
      - коагуляционные 42–43
      - контактные 42
      - кристаллизационные 42, 44
  - Дорожные условия (ДУ), параметры и факторы
    - кратковременные 12
    - переменные временные или сезонные 12
    - постоянные 11
  - Земляное полотно и водоотвод, ремонт
    - виды ремонта
      - восстановление обочин и откосов 164–165
      - изменение геометрических параметров 164–165
      - перестройка пучинистых участков 164. *См. также* Пучины
    - на автомобильных дорогах
      - спрямление отдельных участков 164
    - ремонт и прочистка дренажных воронок 165
      - системы водоотвода 165
    - уширение земляного полотна одно- и двустороннее 164
    - содержание земляного полотна 114
  - Знаки дорожные
    - группы знаков 213
    - правила размещения и установки
      - в горной местности 214
      - вне населенных пунктов 213, 214
    - светофоры 219, 221
    - содержание и ремонт знаков 115
    - типоразмеры знаков 213
    - управляемые знаки и табло 220
  - Зимнее содержание дорог
    - борьба со скользкостью и наледями *см.* Зимняя скользкость на дорогах
    - мероприятия защитные 128
    - профилактические 128
    - удаление отложений 128
    - механизация работ 132
    - организация и метеорологическое обеспечение 131–134
    - особенности эксплуатации дорог зимой *см.* Снегозаносимость и способы защиты
    - потребность в машинах 159–160
    - план работ 132 133
    - техничко-экономическое обоснование требований к зимнему содержанию 158–165
- И**
- Износ дорожных покрытий
    - измерение износа приборами 50
    - с помощью реперов 50
    - с помощью реперов 50
    - коэффициент неравномерности износа 49
    - определение расчетом 49
    - причины 49
  - Интенсивность движения *см.* Учет интенсивности движения на дорогах
    - график интенсивности 284
    - в расчетный период 70
    - прогноз интенсивности 284
    - сезонная 70
    - суточная среднегодовая 103
    - фактическая 70, 71
  - Информация об условиях движения *см.* Знаки дорожные
  - Искусственные сооружения
    - деформации и разрушения 45
    - осмотры текущие 116
    - после паводков 116
    - специальные 116
    - ремонт 99, 168
    - содержание 100, 116–117
  - Источники увлажнения дороги *см.* Водно-тепловой режим дорожной конструкции

## К

- Кольктафели
  - конструкция 195
  - условия применения 195
- Комплекс «водитель-автомобиль-дорога-среда» (ВАДС)
  - взаимодействие комплекса и системы ДУ-ТП 11
  - дорожные условия 11
    - кратковременные 12
    - постоянные 12
    - сезонные 11-12
  - режим движения 12
  - состояние окружающей среды 12
  - структурная схема комплекса 11
  - транспортный поток 12, 13
- Комплексная оценка состояния дороги *см.*
- Транспортно-эксплуатационные показатели дорог
  - методика оценки
    - качества дорожных одежд 77-78
    - технического уровня и эксплуатационного состояния дорог 79
    - уровня содержания дороги по потребительским свойствам 79-80
- Коэффициент обеспеченности расчетной скорости итоговый
  - порядок определения
    - аналитическим способом 81-82
    - измерениями и наблюдениями 81-82
  - среднегодовой 59
  - частные 81
- Коэффициент сцепления
  - зависимость
    - от качества протектора 22
    - ровности и состояния покрытия 22
    - скорости автомобиля 26
    - температуры воздуха 22, 147
    - шероховатости поверхности 26, 29
  - приборы для определения
    - динамическая тележка 95-96
    - динамометрическое колесо 96
    - ударного действия 97

## Л

- Ледоход и паводок
  - взрывные работы в период ледохода 117
  - подготовительные работы 117
  - пропуск ледохода и паводка 117
- Лесонасаждения
  - древесные и кустарниковые породы 169, 171
  - живые изгороди
    - одно- и двухрядные 169
    - лесные полосы
    - кулисные 170
    - снегоемкость полосы 169
    - снегозадерживающая способность 170
    - типовые схемы 171
  - повышение работоспособности насаждений рубки восстановительные 172
    - декоративные 172
    - конструктивные 172
    - специальные 173
    - текущего ухода 172
  - посадки
    - комплексные 171
    - ландшафтные 171

- линейные (аллейные и рядовые) 171
- пескозащитные 169
- противоэрозионные 169
- смешанные 171
- снегозадерживающие 169
- уход 172

## М

- Метеорологические факторы
  - продолжительность действия 39
  - последствия 39-40
  - характеристика 68
- Межремонтные сроки службы дорожных одежд и покрытий 104
- коэффициент запаса прочности одежды 105-106
- критерий назначения ремонта 102
- методы определения
  - расчетно-вероятностный 105
  - теоретические 106

## Н

- Надежность дорожной одежды и покрытия
  - отказ общий 104
  - частный 104
  - уровень надежности 104-105
- Наледи на дорогах, меры борьбы заградительные сооружения
  - бревенчатые барьеры 197
  - валы из снега 197
  - земляные валы и дамбы 197
  - обогрев водопропускных труб 198
  - подъем насыпи 197
  - углубление и утепление русла 197-198
  - устройство общего дренажа 197

## О

- Обеспеченность расчетной скорости
  - влияние видимости на скорость 63-64
  - коэффициента сцепления 64
  - продольного уклона 61
  - прочности дорожной одежды 64
  - радиуса вертикальной кривой 64
  - ровности покрытия 64
  - состава транспортного потока 61
  - типа и ширины укрепления обочин 60-61, 62
  - ширины укрепленной полосы 59
- Обеспыливание дорог
  - материалы
    - гигроскопические 118
    - органические 118
    - расхода нормы 118
  - механизация и технология работ 118
  - периодичность 119
  - способы обеспыливания
    - пропитка 118-119
    - смешение на дороге 118
- Озеленение автомобильных дорог *см.* Лесонасаждения
- Ограждения и направляющие устройства
  - гибкие тросовые 233, 234
  - жесткие 233
  - брусья железобетонные 233, 234
  - парапеты бетонные и каменные 233, 235

- полужесткие 233
- балки металлические коробчатые 233
- планки металлические 233, 234
- полосы прокатные 233
- места установки 235-236
- сигнальные столбики 235-236
- содержание ограждений и устройств 116
- Освещение автомобильных дорог
- системы размещения 238
- типы светильников 237
- Откосы насыпей и выемок
- ремонт
- засыпка ям 167
- планировка 167
- укрепление
- посевом трав 167
- решетчатыми конструкциями 167
- рулонными синтетическими материала-ми 167
- технологическая схема 167-168
- Охрана автомобильных дорог 290
- Охрана природы при ремонте и содержании дорог
- борьба с пылью *см.* Обеспыливание дорог
- защита от размыва 259
- снижение загазованности и шума
- барьеры шумозащитные 257
- валы грунтовые 257
- озеленение противэрозионное 258
- шумозащитное 257
- Охрана труда при ремонте и содержании дорог
- общие требования 285-286
- права и обязанности административно-тех-нических работников 286
- правила допуска к работе
- инструктаж вводный 286
- на рабочих местах 286
- повторный 286
- курсовое обучение 286
- правила техники безопасности при содер-жании искусственных сооружений 289
- 
- содержания и ремонте дорог 287-288

## П

- Патрульная снегоочистка 143
- Планирование содержания и ремонта дорог
- нормирование денежных затрат 109, 110
- материально-технических ресурсов 110
- определение объемов работ 110
- планы перспективные 109
- текущие (годовые) 109-110
- принципы организации работ 268-270
- Пластификаторы
- зеленое масло 180
- масляные фракции нефти 180
- моторная нефть 180
- рснобит 180
- Поверхностная обработка, устройство 155, 182, 183
- Показатели технического уровня и эксплуата-ционного состояния дороги *см.* Транспорт-но-эксплуатационные показатели дорог
- Проезжая часть и обочины
- изменение ширины по периодам года 37
- расчетные состояния поверхности 38, 39, 40
- состояние обочин зимой 38

- укрепление обочин 165-166, 167
- уширение проезжей части 167
- фактическая ширина 37-38
- Пропуск тяжеловесных и крупногабаритных грузов по дорогам и мостам 208
- Пропускная способность и уровень загрузки дорог
- абсолютная 69
- зависимость от скорости 70
- итоговый коэффициент снижения 69
- максимальная теоретическая 68, 69
- методы определения 70
- обеспечение методами регулирования 215
- практическая (в реальных условиях) 69
- пути повышения 216
- Противолавинные устройства
- галереи 196
- дамбы и лавинорезы 195-196
- заборы снегоудерживающие
- деревянные 139, 192, 194
- железобетонные 139, 194
- комбинированные 194
- металлические 194
- подвесные 194
- стационарные 194
- с жестким и гибким заполнением 194
- снеговывдувающие 195
- облесение склонов 195
- снегосборная способность 140
- террасирование склонов 194
- тормозящие устройства 195
- Пучины на автомобильных дорогах
- коэффициент пучения 35
- причины появления
- глубина промерзания 35
- морозное влагонакопление 33
- наличие пылеватых грунтов 33
- уход за пучинистыми участками 114
- физическая сущность пучинообразования 33

## Р

- Работоспособность дорожной одежды и по-крытий 102-103. *См. также* Межремонтные сроки службы
- Разметка автомобильных дорог
- вертикальная 210-211
- горизонтальная 210
- линии разметки барьерные 211
- граничные и краевые 211
- на подъемах и спусках 229
- осевые 211
- пешеходных переходов 211
- разделительные 211
- материалы для нанесения линий 212
- схемы разметки 212
- Районирование территории по условиям дви-жения
- влияние погодно-климатических факторов 74, 76
- принцип районирования 76-77
- Ровность дорожного покрытия 23. *См. так-же* Дорожные одежды и покрытия

## С

- Связь на автомобильных дорогах
- радиосвязь 254

- сигнально-вызывная 254
  - телефонная, телетайпная, телеграфная 254
  - роль связи в организации движения 254
  - Сервис и обслуживание на дорогах
    - здания и сооружения
    - автобусные остановки 250
    - автовокзалы 250
    - автозаправочные станции (АЗС) 250
    - грузовые станции 249
    - остановочные площадки 250–251
    - станции технического обслуживания 250
  - сервис
    - кемпинги и мотели 251
    - площадки видовые 251–252
      - для кратковременной остановки 251
    - состав комплекса службы сервиса 252
  - Система «дорожные условия–транспортный поток» (ДУ–ТП)
    - математическая модель задачи управления группы факторов 15
      - зависящие от управляющего органа (параметры дороги и т. д.) 15
      - заранее известных 15
      - неизвестные 15
    - уровни управления системой 13–14
  - Скорость движения по дорогам
    - влияние на скорость климатических факторов 65–66
      - коэффициента сцепления 64
      - метеорологических явлений 67–68
      - прочности дорожной одежды 64
      - профиля дороги 61
      - радиусов кривых 64
      - расстояния видимости 64
      - ровности поверхности 64
      - состава и интенсивности потока 61
      - ширины и типа укрепления 59–60, 61–62
    - коэффициент обеспеченности расчетной скорости 58, 63
    - кумулятивные кривые распределения скоростей 56
    - максимальная фактическая скорость 56
    - методы оценки скорости 55, 56
    - расчетные схемы и графики 59
    - регулирование скоростного режима 214–216
    - средняя скорость транспортного потока 56, 57, 58
      - свободного движения 56, 57
  - Служба организации движения (СОД) 267
  - Служба ремонта и содержания мостов 265–266
  - Снег
    - рыхлый 27
    - уплотненный 27
      - структура однородная 27
        - пористая 28
      - сцепные качества 27
  - Снегозаносимость дорог
    - участки дорог слабозаносимые 135
      - сильнозаносимые 135
      - среднезаносимые 135
  - Снегозащитные устройства
    - временные 142
      - сетки на полимерной основе 142
      - снежные валы и траншеи 136
      - щиты переносные 136
        - постоянные 136–137
        - аккумуляционные полки или полости в выемках 136, 138
        - галереи 136, 140
        - снегозадерживающие преграды *см.* Противолавинные устройства
        - лесные полосы кулисные 136
        - навесы 136
    - комплексная защита 142–143
    - машины для снегоборьбы 132, 134
    - преграды
      - сплошные (глухие) 136
      - с просветами (решетчатые) 136
    - снегопринос 130, 131
      - определение объемов 131
      - способ балансов 130, 131
        - расходов 130
  - Снегоочистительные работы
    - патрульная очистка 143
    - расчистка заносов 144–145
  - Снежно-метелевые явления
    - метелевый поток насыщенный 130
      - ненасыщенный 130
    - метель
      - верховая 127
      - длина разгона 130
      - низовая 127, 129
        - общая (двойная) 128
      - снегопринос 130
      - спокойный снегопад 127
  - Содержание автомобильных дорог
    - оценка качества содержания 274
    - показатели качества содержания элементов дороги 274–275
- ## Т
- Теоретические модели управления функционированием дорог
    - модель взаимодействия комплекса ВАДС *см.* Комплекс ВАДС
      - управления системой ДУ–ТП 13–16
    - уровни управления эксплуатацией дорог и дорожным движением 16–17
  - Технический учет и паспортизация дорог
    - автоматизированная система паспортизации 281
    - банк дорожных данных 282–283
    - документация 277
    - задачи учета и паспортизации 275
    - линейный график 278, 279
    - метод учета
      - выборочный 285
      - компенсаторный 285
      - сплошной 285
    - основные элементы дороги, подлежащие учету 276
    - пункты учета передвижные 283
      - постоянные 283
        - работы камеральные 217
          - полевые 217
        - техническая инвентаризация 276
        - учет интенсивности движения 285
  - Термопланировщик 178
  - производительность 178
  - рабочая скорость 178
  - Термосмеситель 179–180
  - Транспортно-эксплуатационные показатели дорог

показатели безопасности движения 53  
инженерного оборудования (ИО) 52, 82, 83  
- дефектности покрытия 54  
обеспеченной скорости 52  
прочности дорожной одежды 54  
ровности покрытия 54  
цепных качеств покрытия 54. *См. также*  
Коэффициент сцепления  
- технического уровня (ПТУ) 51  
эксплуатационного состояния (ПЭС) 52  
- фактического состояния дороги 82  
потребительские свойства дороги 52  
пропускная способность и уровень загрузки 53

### У

Удобство и безопасность движения 53  
график сезонных коэффициентов аварийности 72  
методы оценки  
-- по абсолютному числу происшествий 72  
---- аварийности 72  
---- коэффициенту аварийности 73  
----- происшествий 72  
сцепным качествам покрытия 20-21  
уровни удобства 72  
Управление качеством ремонта и содержания дорог  
информационное обеспечение 272  
материальное стимулирование 272  
методы и средства управления 272  
оценка качества работ 272-274  
планирование качества 272-273  
Уровень загрузки дороги движением  
коэффициент насыщения движением 71-72  
уровень загрузки 53  
- надежности дороги 104  
Усиление и уширение дорожных одежд  
замена верхнего слоя или всех слоев 185  
полная замена дорожной одежды 185  
строительство нового покрытия на старой одежде 185  
уширение дорожной одежды 164  
Учет интенсивности движения на дорогах  
комплекс технических средств 283  
основные материалы учета 276  
пункты учета передвижные 283  
-- постоянные 283  
учет выборочный 285  
компенсаторный 285  
сплошной 285

### Ц

Цементобетонные покрытия  
выравнивание стыков 181  
замена отдельных плит 181  
механизация ремонта и содержания 126-127  
ремонт деформационных швов 125  
ремонт раковин и сколов 124  
ремонтные материалы 126  
заделка трещин и швов 125  
проведение профилактических мероприятий 126-127  
усиление и уширение покрытий 187

### Ш

Шероховатость покрытия  
измерение приборами 93, 95  
способом песчаного пятна 95  
износ шероховатости 68  
макрошероховатость 20  
микрошероховатость 21  
роль шероховатости 27-28  
способы повышения шероховатости  
--- втапливанием щебня 184  
--- нарезанием канавок на цементобетонном покрытии 182  
--- устройством слоев износа из подобранных смесей 184-185  
---- шероховатой поверхностной обработки 182  
технология и механизация работ 183-184

### Щ

Щебеночные (гравийные) покрытия  
ремонт покрытий, обработанных вяжущим  
восстановление слоя износа 176  
выравнивание покрытия 175-176  
материалы для ремонта 120-121  
технология работ и машины 119  
ремонт покрытий переходного и низшего типов  
ликвидация впадин, волн, колея 175  
сплошное профилирование 175  
ямочный ремонт 120, 121  
Щиты переносные  
деревянные 136, 141  
пластмассовые 141  
правила установки 141  
типы щитов 141-412

### Э

Эксплуатация дорог в особых условиях  
в горной местности 189. *См. также* Дороги в горной местности, безопасность движения  
в песках 200  
в районах жаркого климата, орошаемого и поливного земледелия 199  
защита дорог от оползней 190  
осыпей 192  
--- размыва 190  
--- селей 190  
скальных обвалов 191  
Экологические качества дорог  
показатели для оценки загрязненности придорожного пространства 51  
--- запыленности 51  
засоленности 51  
Эргономические качества дорог  
показатели для оценки отражающей способности 51.  
психологического восприятия дороги водителем 51  
- уровня шума и вибрации 51  
---- эстетичности дороги 51, 79

Введение	3	6.5. Пропускная способность и уровни загрузки дороги движением по периодам года	68
<b>РАЗДЕЛ I. Основы теории эксплуатации дорог и организации движения</b>		6.6. Оценка удобства и безопасности движения по периодам года	72
Глава 1. Социально-экономическая значимость эксплуатации дорог и организации движения		6.7. Методы комплексной оценки состояния дорог	77
1.1. Дорожная сеть страны		<b>Глава 7. Методы определения параметров и характеристик эксплуатируемых дорог</b>	84
1.2. Дорожная сеть страны и интенсификация работы автомобильного транспорта	5	7.1. Порядок оценки и определения геометрических элементов дорог	84
Глава 2. Теоретические модели управления функционированием дорог	8	7.2. Методы и приборы для оценки прочности дорожных одежд	88
2.1. Модель взаимодействия комплекса «двигатель автомобиль-дорога-среда»		7.3. Оценка ровности, шероховатости и сцепных качеств покрытий	92
2.2. Модель управления системой «дорожные условия транспортные потоки»	10	<b>Глава 8. Классификация и планирование работ по содержанию и ремонту дорог</b>	97
2.3. Уровни управления эксплуатацией дорог и дорожным движением	10	8.1. Классификация и состав работ по содержанию и ремонту дорог	97
Глава 3. Взаимодействие автомобиля с дорогой	13	8.2. Работоспособность и критерии назначения ремонтных работ	102
3.1. Характеристики поверхности дороги и движение автомобилей	16	8.3. Порядок планирования работ по содержанию и ремонту дорог, нормирование ресурсов	108
3.2. Состояние покрытия и условия движения автомобилей	17	8.4. Эффективность дорожно-ремонтных работ, проектно-сметная документация	111
Глава 4. Природно-климатические факторы, состояние дорог и условия движения автомобилей	17	<b>РАЗДЕЛ III. Технология и организация содержания и ремонта дорог</b>	
4.1. Влияние природно-климатических факторов на дорожную конструкцию	23	Глава 9. Технология содержания дорог в летний и осенне-весенний периоды	114
4.2. Пучины на автомобильных дорогах	29	9.1. Содержание земляного полотна, искусственных сооружений и обстановки дороги	114
4.3. Поверхность покрытия и условия движения по периодам года	33	9.2. Содержание проезжей части с различными типами покрытий	119
Глава 5. Деформации и разрушения автомобильных дорог	36	Глава 10. Зимнее содержание автомобильных дорог	127
5.1. Процесс деформирования дорожной конструкции под воздействием автомобилей и природных факторов	41	10.1. Особенности эксплуатации дорог зимой	127
5.2. Деформации и разрушения дорожных одежд и покрытий	41	10.2. Снегозаносимость дорог и способы защиты от снежных заносов	134
<b>РАЗДЕЛ II. Оценка транспортно-эксплуатационных показателей и состояния автомобильных дорог</b>		10.3. Методы борьбы с зимней скользкостью	147
Глава 6. Транспортно-эксплуатационные показатели дорог, методы их определения	45	10.4. Техничко-экономическое обоснование требований к зимнему содержанию дорог	158
6.1. Показатели технического уровня и эксплуатационного состояния дорог		Глава 11. Технология ремонта земляного полотна и системы водоотвода, благоустройство дорог	164
6.2. Скорость и методы ее оценки	51	11.1. Ремонт земляного полотна и системы водоотвода	164
6.3. Влияние параметров и состояния дорог на обеспеченность расчетной скорости	51	11.2. Технология озеленения и благоустройства дорог	169
6.4. Влияние климатических факторов на скорость	55	<b>Глава 12. Технология ремонта покрытий и дорожных одежд</b>	175
	59	12.1. Ремонт щебеночных (гравийных) крытий	175
	65	12.2. Ремонт асфальтобетонных и цементобетонных покрытий	177

12.3. Способы повышения шероховатости покрытий	182	Глава 16. Сервис и обслуживание движения на дорогах, связь	248
12.4. Усиление и уширение дорожных одежд	185	16.1. Классификация зданий и сооружений на автомобильных дорогах	248
Глава 13. Эксплуатация дорог в особых условиях	189	16.2. Охрана природы при эксплуатации дорог	255
13.1. Особенности эксплуатации дорог в горной местности	189	<b>РАЗДЕЛ V Организация эксплуатации и управление автомобильными дорогами</b>	
13.2. Защита и расчистка дорог от оползней, обвалов и осыпей, снежных отложений и лавин	190	Глава 17. Организация дорожной службы	261
13.3. Наледи на дорогах и меры борьбы с ними	197	17.1. Управление автомобильными дорогами СССР и основные задачи дорожной службы	261
13.4. Эксплуатация дорог в районах жаркого климата, поливного и орошаемого земледелия	199	17.2. Дорожно-патрульная служба и служба организации движения	264
		17.3. Производственная база дорожной службы	266
<b>РАЗДЕЛ IV Организация и обеспечение безопасности и удобства движения на дорогах</b>		Глава 18. Организация работ по содержанию и ремонту дорог	268
Глава 14. Организация и управление движением на эксплуатируемых дорогах	203	18.1. Принципы и методы организации работ	268
14.1. Основные методы организации дорожного движения	203	18.2. Управление качеством ремонта и содержания дорог	272
14.2. Организация движения с помощью разметки и дорожных знаков, управление движением	210	Глава 19. Технический учет, паспортизация дорог и дорожных сооружений	275
14.3. Автоматизированное управление движением на автомобильных дорогах	216	19.1. Задачи и порядок проведения технического учета и паспортизации	275
14.4. Основные положения стратегии управления дорожным движением	222	19.2. Автоматизированная система технической паспортизации дорог и создание банка дорожных данных	281
Глава 15. Повышение безопасности и удобства движения средствами дорожной службы	226	19.3. Учет интенсивности движения	283
15.1. Анализ причин дорожно-транспортных происшествий и меры, повышающие безопасность движения	227	Глава 20. Охрана труда и техника безопасности при содержании и ремонте автомобильных дорог	285
15.2. Улучшение геометрических параметров дороги	238	20.1. Организация работ по охране труда и технике безопасности	285
15.3. Обеспечение безопасности движения в населенных пунктах, на пересечениях и примыканиях, на дорогах в горной местности	243	20.2. Правила техники безопасности на работах по содержанию и ремонту дорог	287
15.4. Повышение безопасности движения в неблагоприятные периоды года	245	20.3. Правила техники безопасности при содержании и ремонте искусственных сооружений и зданий	288
15.5. Обеспечение безопасности движения в местах производства дорожных работ	246	20.4. Охрана автомобильных дорог	290
15.6. Оценка эффективности мероприятий, повышающих безопасность движения		Вопросы для самопроверки	291
		Рекомендуемая литература	294
		Предметный указатель	296

Учебник

Васильев Александр Петрович,  
Сиденко Владимир Михайлович

### ЭКСПЛУАТАЦИЯ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ И ОРГАНИЗАЦИЯ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ

Предметный указатель составил *В. Г. Чванов*

Технический редактор *Р. А. Иванова*  
Корректор-вычитчик *И. М. Лукина*  
Корректор *Н. Е. Рыдзинская*  
ИБ № 4243

Сдано в набор 27.12.89. Подписано в печать 13.09.90. Формат 70 × 100<sup>1/16</sup>. Бум. офс. № 2. Гарнитура литературная. Офсетная печать. Усл. печ. л. 24,7. Усл. кр.-отт. 25,03. Уч.-изд. л. 26,68. Тираж 13 000 экз. Заказ 646. Цена 95 коп. Изд. № 1-1 1/3. № 5024.

Ордена «Знак Почета» издательство «ТРАНСПОРТ», 103064, Москва, Басманный туп., 6а

Набор и фотоформы изготовлены на Можайском полиграфкомбинате В/О «Совэкспорткнига» Государственного комитета СССР по печати. 143200, г. Можайск, ул. Мира, 93.

Отпечатано в Московской типографии № 4 Государственного комитета СССР по печати. 129041, Москва, Б. Переяславская, 46.