



УДК 625.096(075.8)

**Бабков В. Ф.** Дорожные условия и безопасность движения: Учебник для вузов.— М.: Транспорт, 1993.—271 с.

Освещены вопросы влияния дорожных условий на безопасность движения автомобилей и пешеходов. Описаны особенности дорожной сети и природно-климатических условий разных районов с точки зрения обеспеченности безопасности движения. Отмечена роль дорожников в решении проблемы безопасности движения. Рассмотрены пути обеспечения безопасности движения при проектировании новых, реконструкции, ремонте и содержании существующих дорог, показано значение мероприятий по организации движения в обеспечении безопасности.

Учебник предназначен для студентов высших учебных заведений, обучающихся по специальностям «Автомобильные дороги» и «Организация дорожного движения».

Ил. 188, табл. 26. библиогр. 30 назв.

Рецензенты: Э. М. Ваулин (МВД РФ); А. П. Матросов (заведующий кафедрой «Автомобильные дороги» РИСИ)

Заведующий редакцией Д. Д. Чудиновская

Редактор К. М. Чиваровская

Б  $\frac{3203020000-039}{049(01)-93}$  108/92

## ВВЕДЕНИЕ

Проблема безопасности движения по дорогам, существовавшая еще в эпоху конного транспорта, особенно активизировалась с появлением механических транспортных средств. Уже в 1831 г., когда в Лондоне делались первые попытки перевозки пассажиров на повозках с паровыми двигателями, случилось первое дорожно-транспортное происшествие, при котором повозка, объезжая детей, игравших на дороге, врезалась в стену дома и погиб водитель<sup>1</sup>. После окончания второй мировой войны процесс автомобилизации опережает во всем мире темпы нового дорожного строительства и совершенствования существующей дорожной сети. В ряде стран насыщение дорожной сети автомобилями достигло значительных размеров и продолжает увеличиваться. В 1977 г. на 1 км протяженности дорожной сети Великобритании приходилось в среднем 46 автомобилей. В 1989 г. это число увеличилось до 89. Аналогично в Японии оно изменилось с 29 до 46, в Швейцарии — с 33 до 48, во Франции — с 23 до 34 и в США — с 19 до 29. Автомобилям становится все теснее на дорогах, а в число участников движения включаются новые, малоопытные водители. Все это проявляется в снижении эффективности автомобильного транспорта и росте числа дорожно-транспортных происшествий. Во многих странах число погибающих на дорогах соизмеримо с числом жертв войн, тяжелых болезней и эпидемий. Дороги стали своеобразным «полем сражений», где ошибки людей, неорганизованность движения, несовершенство дорог и неисправности автомобилей выдвигают перед человечеством актуальную проблему борьбы за жизнь пользующихся дорогами.

Делались попытки установления зависимости между числом смертельных исходов происшествий в год  $D$ , численностью населения в стране  $P$  и количеством автомобилей  $N$ . Известна например формула английского профессора Рейбена Смида  $D/P = 0,0003(N/P)^{1/3}$ .

Раскрывая общую тенденцию опасности дорожных происшествий, эта формула непригодна для прогноза роста происшествий или оцен-

---

<sup>1</sup> Некоторые сведения о возникновении проблемы безопасности дорожного движения и развитии методов организации движения содержатся в книге автора «Развитие техники дорожного строительства» (М.: Транспорт, 1988. 272 с.).

ки степени обеспеченности безопасности движения, поскольку не учитывает множества влияющих факторов — плотности дорожной сети, качества дорог, рельефа местности, национальных особенностей населения, социальных условий и др. Проблема безопасности движения индивидуальна для каждой страны или даже ее районов и должна решаться самостоятельно.

В развитых странах при росте численности парка автомобилей в результате предпринимаемых мер по улучшению состояния дорожной сети и организации движения удается снизить как относительный показатель аварийности на 100 млн автомобиле-километров пробега, так и абсолютное количество происшествий (рис. 1). В Советском Союзе в 1990 г. на дорогах погибло 63,3 тыс. чел. По числу дорожных происшествий он был на первом месте в мире, опережая США, где при существенно большем числе автомобилей погибло 46,8 тыс. чел. Продолжается рост жертв на дорогах и в России — с 35 360 чел. в 1990 г. до 37 500 в 1991 г.

Обеспечение безопасности движения приобрело в стране общенациональное значение. Повышению безопасности движения был посвящен ряд правительственных постановлений. Решение проблемы безопасности дорожного движения требует проведения комплексных мероприятий и включает:

- уточнение требований к здоровью и физическому состоянию водителей, совершенствование их первоначальной подготовки и систематическое повышение квалификации;

- повышение требований к конструктивной безопасности автомобилей и техническому состоянию их в условиях эксплуатации;

- совершенствование требований к пользованию дорогами и соблюдению правил движения водителями;

- организацию и оперативное управление движением — активное и пассивное регулирование;

- своевременную информацию водителей о постоянных и меняющихся условиях движения по дороге (туман, гололед, ремонтируемые участки) установкой знаков, оповещением в печати, по радио и телевидению, изданием маршрутных карт с указанием опасных мест;

- совершенствование медицинской и технической помощи при дорожно-транспортных происшествиях. Создание притрассовой системы телефонной связи;

- учет особенностей восприятия водителями дорожных условий в проектировании дорог и организации дорожного движения;

- обучение населения вопросам безопасности движения;

- совершенствование методов расследования дорожно-транспортных происшествий и разработку объективных методов оценки причин возникновения происшествий;

- поддержание службой ремонта и содержания дорог транспортно-эксплуатационных качеств дороги;

- разработку экономичных методов перестройки опасных мест;

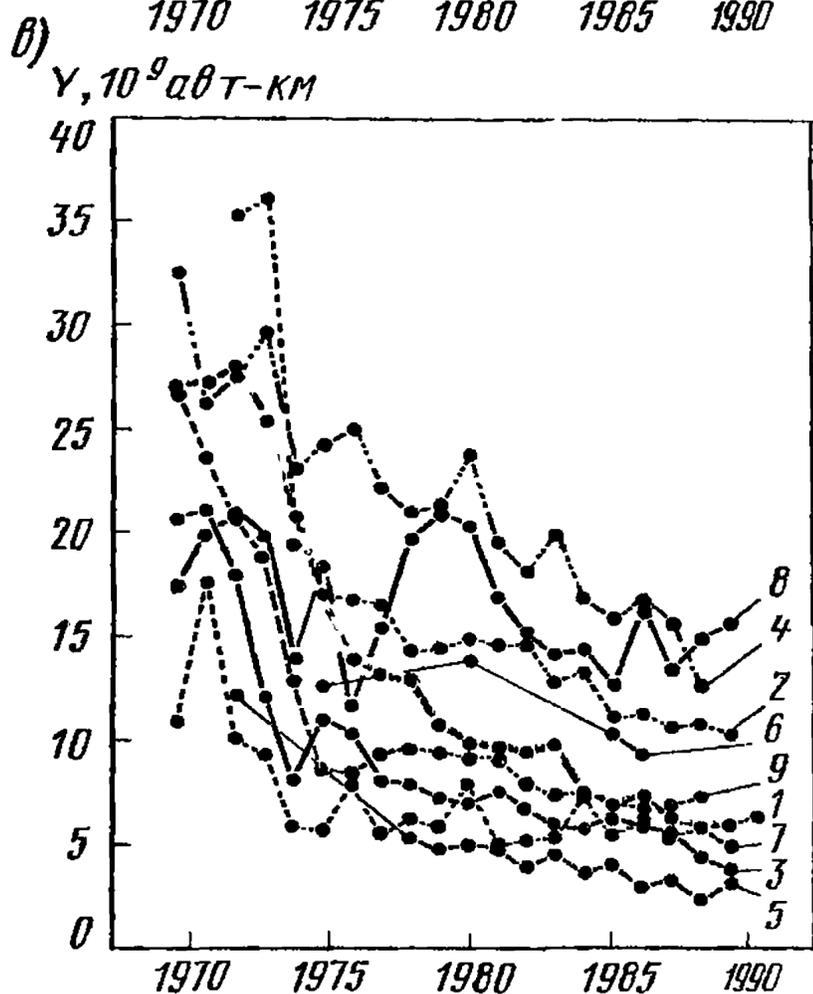
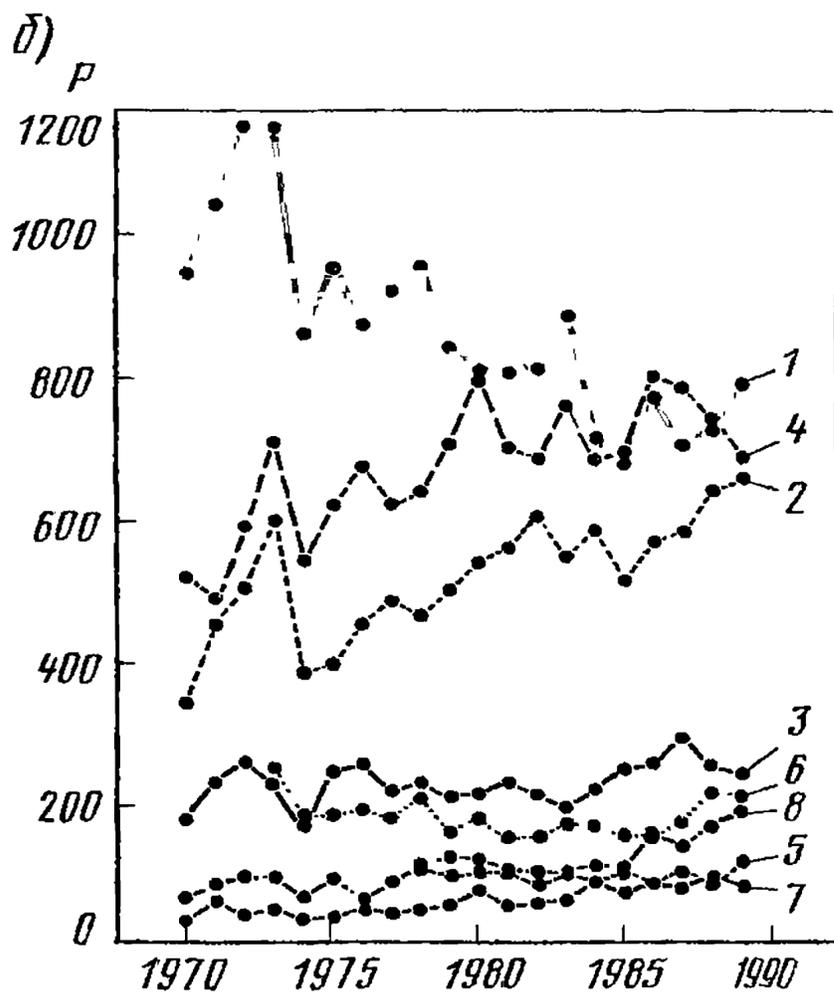
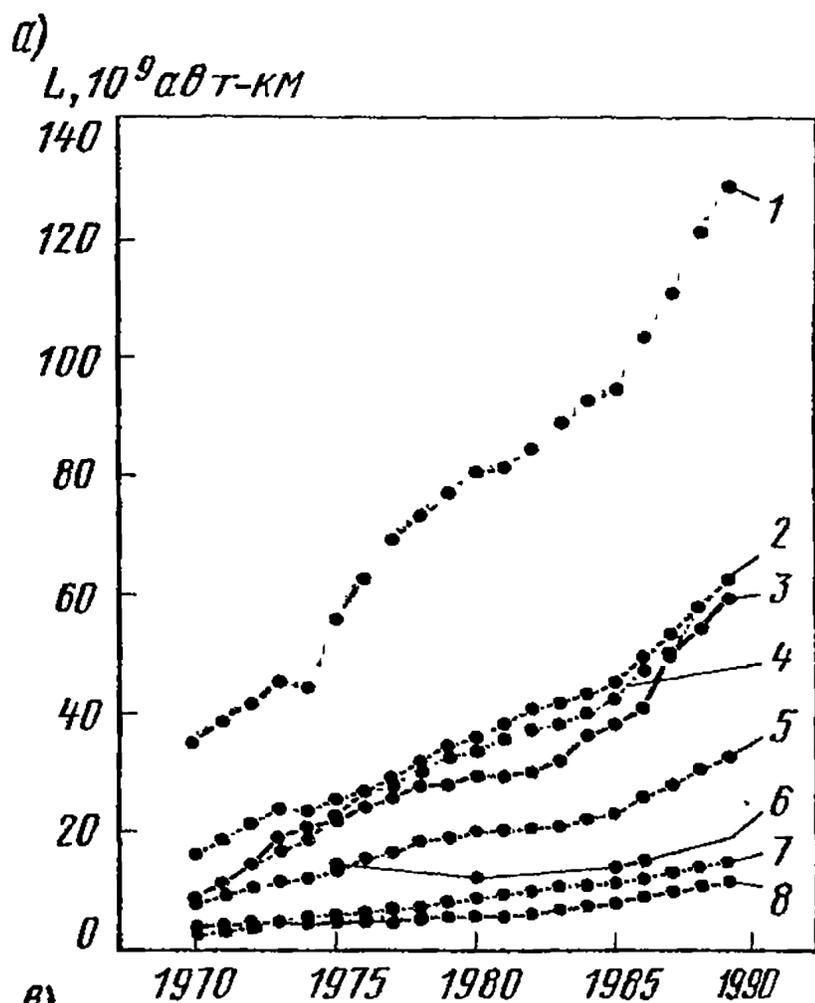


Рис. 1. Тенденции изменения количества дорожно-транспортных происшествий на автомобильных магистралях разных стран: а — суммарный годовой пробег автомобилей  $L$  в  $10^9$  авт-км; б — количество погибших за год при дорожно-транспортных происшествиях  $P$ ; в — относительное количество погибших на  $10^9$  авт-км, 1 — ФРГ; 2 — Франция; 3 — Великобритания; 4 — Италия; 5 — Нидерланды; 6 — Бельгия; 7 — Швейцария; 8 — США; 9 — Дания

решение задач социологического характера — создание благоприятных условий труда и быта водителей.

Возникла новая отрасль техники — организация движения (Traffic Engineering), объединяющая вопросы проектирования, строительства и эксплуатации дорог, улиц и придорожной полосы местности, а также управления движением транспортных потоков, связанные с обеспечением безопасности, удобства и экономичности перевозок пассажиров и грузов.

В нашей стране с 1974 г. начата подготовка инженеров новой специальности «Организация дорожного движения» как одна из мер по упорядочению движения по дорогам, повышения его безопас-

ности и эффективности перевозок. Однако приведенный выше перечень мероприятий, влияющих на повышение безопасности движения, показывает, что она может быть обеспечена только совместными усилиями большого числа специалистов различных отраслей науки и техники и потребует проведения больших исследовательских работ. В данном учебнике показано, как на безопасность движения влияют дорожные условия, т. е. та обстановка, в которой осуществляются автомобильные перевозки и работают водители.

В учебнике рассматривается преимущественно специфика повышения безопасности движения на участках дорог между населенными пунктами, хотя статистические данные о дорожно-транспортных происшествиях показывают, что большой их процент случается в населенных пунктах. Но в загородных условиях безопасность движения в значительной степени зависит от дорожных условий и складывающихся под их влиянием режимов движения транспортных потоков. В населенных пунктах основная причина происшествий — недисциплинированность пешеходов и нарушение правил движения водителями. Дорожные условия играют второстепенную роль. Основным путем повышения безопасности становятся меры организации движения, рассматриваемые в специальных курсах («Организация дорожного движения» и «Транспортная планировка городов»).

## ДОРОЖНАЯ СЕТЬ И ПРОБЛЕМЫ БЕЗОПАСНОСТИ ДВИЖЕНИЯ

### 1.1. Сеть дорог России, задачи ее развития и обеспечения безопасности движения

Особенностью дорожной сети России является малая плотность дорог, имеющих твердые покрытия, по которым возможен проезд в течение всего года. Общая протяженность дорог общего пользования составляет около 1 млн км, из которых только 61% имеет одежды усовершенствованного типа. Лишь 20% дорог могут пропускать в периоды распутицы автомобили с осевой нагрузкой 10 кН, общепринятой за рубежом. Дорожное хозяйство страны до сих пор не удовлетворяет полностью запросов народного хозяйства.

Для сравнения приведем данные о протяженности дорог общего пользования в некоторых странах. В числителе показана протяженность дорог в километрах на 100 км<sup>2</sup> территории, в знаменателе — процент протяженности дорог, имеющих твердые покрытия:

Россия . . . . .	2,3/84	Таджикистан . . . . .	8,2/89	Венгрия . . . . .	113/50
Украина . . . . .	25/92	Армения . . . . .	24,9/97	США . . . . .	67/57
Беларусь . . . . .	21/92	Туркменистан . . . . .	2,3/85	Мадагаскар . . . . .	84/11
Узбекистан . . . . .	8,2/86	Эстония . . . . .	33/100	Южная Корея . . . . .	56/61
Казахстан . . . . .	3/85	Бельгия . . . . .	420/96	Новая Зеландия . . . . .	35/55
Грузия . . . . .	28,8/93	Япония . . . . .	298/60	Бразилия . . . . .	20/8,2
Азербайджан . . . . .	28/95	Нидерланды . . . . .	278/88	Тунис . . . . .	18/60
Литва . . . . .	32/100	Великобритания . . . . .	154/100	Сирия . . . . .	16/79
Молдова . . . . .	28/93	Франция . . . . .	146/100	ЮАР . . . . .	16/29
Латвия . . . . .	28,3/88	Австрия . . . . .	130/100	Таиланд . . . . .	14/53
Кыргызстан . . . . .	8,4/86	Польша . . . . .	115/64	Египет . . . . .	5/68

Как видно из приведенных данных, плотность сети дорог государств на территории бывшего СССР существенно ниже плотности в зарубежных странах. Обобщенный показатель на 100 км<sup>2</sup> территории 2,3 для России не характерен в связи с разной степенью заселенности отдельных районов и различным их хозяйственным использованием. Не нужна густая сеть дорог в оленеводческой тундре. Поиному, чем в сельскохозяйственных районах, планируют сети лесозаготовительных дорог в лесной зоне и подъездных дорог к буровым скважинам в нефтедобывающих районах Западной Сибири.

Следует отметить, что приведенные данные о протяженности дорог не дают полного представления о протяженности дорожной сети, так как, кроме основных дорог сети общего поль-

зования, существует обширная сеть местных сельскохозяйственных дорог, точная протяженность которой неизвестна. Стране предстоит выполнить гигантский объем дорожного строительства, который потребует многих лет и больших капиталовложений.

После окончания Великой Отечественной войны рост автомобильных перевозок до 1980 г. примерно в 2 раза превышал прирост протяженности сети дорог общего пользования:

	1965—1970	1975—1980	1980—1985
Средний прирост протяженности дорог, % . . . . .	6	3,6	2,4
Средний прирост объема автомобильных перевозок, % . . . . .	10,5	7,5	2

Численность автомобилей за последние 20 лет увеличилась в 4 раза, почти в 2 раза возрос объем автомобильных перевозок. Ежегодное увеличение интенсивности движения по дорогам в среднем составляет 4—6%. Но эти средние данные не раскрывают перегрузку магистральных автомобильных дорог, на 50% которых интенсивность движения уже сейчас превышает предусматривавшуюся при их проектировании в 1,2—3 раза. Перегрузка дорог снижает эффективность использования автомобильного транспорта. Средние эксплуатационные скорости автомобилей на наших дорогах на 20 км/ч ниже, чем в США. Следствием этого являются прямые потери автомобильного транспорта, оцениваемые более чем в 1,3 млрд. руб. в год, что почти в 3 раза превышает ежегодные затраты на ремонт и реконструкцию дорог, а перерасход бензина и дизельного топлива достигает 1,4 млн. т.

Условия перевозок и безопасности движения во многом зависят от назначения и топливно-эксплуатационных характеристик дорог. В дорожной сети России могут быть выделены следующие основные группы дорог.

*Автомобильные дороги магистрального типа*, связывающие административные, промышленные и культурные центры, а также соединяющие дорожную сеть страны с сопредельными странами (так называемые дороги группы М). Они предназначены для дальних перевозок срочных грузов, но подорожание нефтепродуктов снизило их конкурентоспособность по сравнению с железными дорогами. Лишь небольшой их процент относится к категории автомобильных магистралей — дорог с самостоятельными проезжими частями для движения в разных направлениях и разделительной полосой. К ним относятся, например, дорога Москва — Серпухов протяженностью около 100 км, а также ряд более коротких пригородных участков около больших городов, по которым производятся интенсивные местные перевозки на короткие расстояния. Учитывая специфику работы коротких пригородных участков, на них допускают

пересечения в одном уровне (частично-скоростные магистрали). Автомобильные магистрали являются наиболее безопасными дорогами, так как их конструкция предотвращает возможность встречных столкновений автомобилей, а геометрические элементы трассы рассчитывают на высокие скорости движения. В среднем количество дорожно-транспортных происшествий на 1 млн авт-км на скоростных автомобильных магистралях в 5, а на частично скоростных в 2 раза меньше, чем на двухполосных дорогах.

Протяженность магистральных дорог во всех странах достигает лишь нескольких процентов от всей сети дорог. В России она составляет 4% сети дорог общего пользования, но по ним выполняется более 30% грузовых и пассажирских перевозок.

*Дороги-спутники освоения новых промышленных и сельскохозяйственных районов*, необходимые вначале для доставки материалов и оборудования, а затем используемые при их последующем развитии. Примерами могут служить сети дорог, построенные на целинных землях Казахстана, в районах нефтяных и газовых месторождений Башкортостана, а затем в заболоченных районах севера Западной Сибири, притрассовые дороги на Байкало-Амурской магистрали. Нередко эти дороги строили неспециализированные организации, используя для снижения стоимости строительства пониженные технические условия, с узкой проезжей частью, крутыми подъемами, малыми радиусами кривых в плане и продольном профиле, не учитывая их последующего народнохозяйственного использования. На этих дорогах бывает много опасных мест, а транспортно-эксплуатационные их качества невелики.

*Дороги сельскохозяйственных районов* в большинстве республик построены или постройка дорог с твердыми одеждами, связывающими центральные усадьбы колхозов и совхозов с районными центрами, близка к окончанию, но многие местные внутрихозяйственные дороги, используемые преимущественно для перевозок во время сельскохозяйственных работ, являются грунтовыми. Для них характерны значительные сезонные колебания интенсивности движения в течение года, пики которых во время уборки урожая часто совпадают с дождливыми периодами. Во многих районах страны автомобильные перевозки по внутрихозяйственным дорогам в периоды распутиц невозможны в течение нескольких месяцев. Вывоз продукции по плохим дорогам и его несвоевременность ведут к большим потерям. Бездорожье является одной из основных причин выезда населения из сельской местности. Потери сельского хозяйства тем выше, чем меньше плотность сети дорог с твердыми покрытиями. Для областей Нечерноземной зоны России в 1987 г. при плотности их сети 0,02 км/100 га потери составляли 4,9 руб. на 1 т продукции, при плотности 0,11 км — 1,4 руб/т и при плотности 0,22 км — 0,1 руб/т. Поэтому планы дорожного строительства России предусматривают первоочередное развитие дорожной сети в сельской местности.

Для сельских дорог характерно повышенное количество дорожно-транспортных происшествий на 1 млн авт-км, связанное с тем, что трасса многих из них отличается низкими транспортно-эксплуатационными характеристиками, а также с резкими сезонными возрастаниями интенсивности, наличием в транспортном потоке тракторов, сельскохозяйственных машин и относительно высоким процентом мотоциклистов, с более низкой квалификацией и дисциплиной водителей.

*Дороги общего пользования республиканского, областного и районного значения*, многие из которых построены в период конного и смешанного автогужевого движения, а также в первые годы после окончания Великой Отечественной войны по техническим условиям, уже не удовлетворяющим требованиям современного автомобильного движения. На них много опасных участков — кривых малых радиусов, мест с ограниченной видимостью и неудачными сочетаниями элементов плана и продольного профиля, перегруженных движением. Их содержание связано с выполнением больших объемов работ и затратой до 60% всех ассигнований на дорожное строительство. Проведение выборочного улучшения, часто сводящегося к замене покрытий переходного типа асфальтобетонными, без улучшения параметров дороги в плане и продольном профиле, приводит к возрастанию скоростей движения на участках, оставшихся опасными, что вызывает рост числа дорожно-транспортных происшествий.

## **1.2. Транспортно-эксплуатационные характеристики дорог в характерных природных районах**

На условия и безопасность движения в районах проложения дорог большое влияние оказывает разнообразие природных условий. Особенности климата и рельефа этих районов отражаются на транспортных качествах дорог и условиях работы автомобильного транспорта и различной эффективности отдельных проводимых мероприятий по повышению безопасности движения. Характерный пример этого — разметка проезжей части, которая возможна лишь в короткий летний период на дорогах Кольского полуострова, где снеговой покров лежит 220 и более дней в году, и эффективна практически круглый год на побережье Черного моря, где длительность снегового покрова не превышает 3 нед.

В северной полосе европейской части России и значительной части Сибири, покрытой толщей многолетнемерзлых грунтов, охладившейся в ледниковый период, сеть дорог очень редка. В зависимости от растительного покрова грунт оттаивает летом на 0,2—0,5 м и у южной границы на 1,0—4,5 м.

В лесотундровой зоне из-за недостаточного испарения и малой глубины летнего оттаивания грунт сильно увлажнен, а в пониженных местах заболочен. Проезд по грунтовым поверхностям возможен только на вездеходах, но вызывает практически необратимые повреждения мохового покрова. Основная сеть дорог в районах нефтяных и газовых месторождений имеет покрытия из сборных железобетонных плит на невысоком земляном полотне из привозного песка. Низкая ровность этих покрытий часто становится причиной происшествий. Длительная продолжительность морозных периодов создает возможность использования автозимников — временных дорог, прокладываемых в северных районах по замерзшей поверхности грунта. Покрытием на них служит уплотненный слой снега. Зимники прокладывают по кратчайшему расстоянию по льду замерзших рек, озер и болот. Движение при свете фар из-за малой продолжительности зимнего светового дня, скользкость накатанной снеговой поверхности способствуют дорожно-транспортным происшествиям.

В сильные морозы на участках дорог, проходящих по склонам местности и у мостов и труб, опасность для движения представляют наледи — выход около дороги под давлением промерзающего грунта воды, скопившейся за лето в нижнем слое оттаявшего грунта у поверхности мерзлого слоя. Прорываясь на поверхность и быстро замерзая, вода образует наплывы льда, иногда толщиной в несколько метров и площадью в несколько сотен квадратных метров и более. Дорога активизирует образование наледей, так как грунт под ней промерзает быстрее, чем на прилегающей местности. На реках наледи возникают из-за уменьшения площади живого сечения водотоков при промерзании берегов и увеличении толщины льда, который на мелких местах может смерзаться с дном, образуя замкнутые объемы воды.

Наплывы льда на дорогах при малых наледях опасны при наезде на высокой скорости. При движении группы автомобилей резкое снижение скорости передним автомобилем при въезде на наледный участок создает опасность групповой аварии.

В южной зоне лесостепи рельеф местности расчленен овражной сетью. На дорогах имеются длинные участки с большими уклонами — до 60—80%. В верхней части спуска дороги обычно проходят в выемке, а в нижней части — в насыпи. Наряду с происшествиями, связанными с превышением скорости и пересекающимися дорогами в нижней части спусков, весной возникают происшествия в зоне перехода из выемки в насыпь. На проезжей части выемки, прогреваемой солнечными лучами относительно короткое время, сохраняется снеговой покров. На открытой насыпи днем проезжая часть оттаивает, а при ночных заморозках снова замерзает, образуя скользкую поверхность. При въезде на нее с большой скоростью, развитой на сухой поверхности проезжей части в выемке, возникают заносы автомобилей. Много происшествий случается на

участках дорог, проходящих через села, растянувшиеся вдоль речных долин на несколько километров.

В южных степных районах дороги имеют много длинных прямых участков. Однообразный ландшафт полей способствует непроизвольному для водителей превышению скорости и потере внимательности, связанным для них с впадением в своеобразное полудремотное состояние («дорожный гипноз») из-за недостаточности поступления информации — сенсорного голода. Считают, что на автомобильных дорогах этим обстоятельством вызвано от 1,7 до 2,4% дорожных происшествий. Ночью часты встречные столкновения и опрокидывания автомобилей при аварийных съездах с дороги, вызванные ослеплением водителей светом фар встречных автомобилей.

На складывающиеся режимы движения влияют зрительные обманы водителей. Видимые издали под малым углом зрения повороты дороги на небольшой угол кажутся крутыми изломами и вызывают непроизвольное снижение водителями скорости.

Для сельскохозяйственных районов особенно характерны происшествия во время уборки урожая, когда интенсивность движения значительно возрастает. Перевозки обычно происходят по грунтовым дорогам. В сухую погоду профилированные дороги на черноземных грунтах имеют уплотненную гладкую поверхность, дающую возможность развивать высокие скорости, не соответствующие геометрическим элементам трассы внутрихозяйственных дорог. После самого небольшого дождя на поверхности дороги образуется тонкая скользкая пленка грязи, вызывающая заносы при торможении и сползание автомобиля в боковую канаву. В жаркую сухую погоду за автомобилями образуется облако пыли, длина которого на суглинистых черноземных грунтах достигает 150 м, а на лёссовых грунтах Средней Азии — 0,5 км (рис. 1.1). Облака пыли при движении грузовых автомобилей поднимаются на высоту 8—11 м. В безветренную погоду от проезда одиночного автомобиля пыль остается во взвешенном состоянии до 1,5—2 мин. Пыль ограничивает фактическую видимость дороги и повышает опасность разъездов при встречном движении.

В районах искусственного орошения в Средней Азии многие дороги обсажены деревьями и проходят вдоль глубоких ирригационных каналов. Большое количество происшествий вызывается, осо-

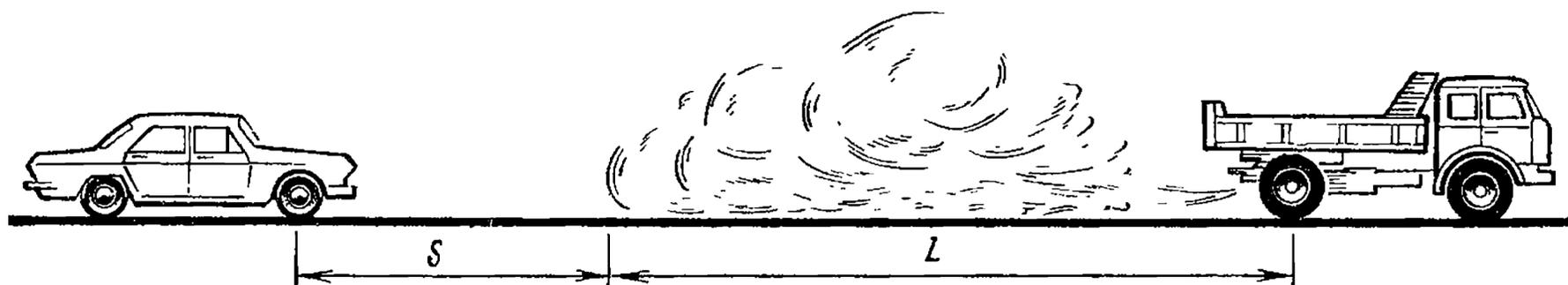


Рис. 1.1. Движение автомобиля по пыльной дороге:

$S$  — расстояние фактической видимости;  $L$  — длина облака пыли

бенно на начальных участках, съездами автомобилей в канавы или наездами на деревья.

В песчаных пустынях поперечный профиль земляного полотна, которому для незаносимости песком придают очень пологие откосы, и прилегающая песчаная поверхность придорожной полосы делают съезд автомобиля с земляного полотна относительно безопасным. Опасность при движении с высокими скоростями создают отдельные языки отложений песка, образующиеся на проезжей части при переносе песка ветром. Сказываются тяжелые условия труда водителей, поскольку металлические части кабин нагреваются до 60—70 °С.

В горных местностях характерно проложение дорог вдоль речных долин. Дорожные условия осложняются по мере углубления в горы и приближения к перевалу в долину реки на другой стороне хребта. В связи с высокой стоимостью и трудностью строительства расчетные скорости на горных дорогах ниже, а условия движения более трудны, чем на дорогах в равнинной или холмистой местности.

На предгорных участках условия движения аналогичны условиям на дорогах холмистых районов. На начальном участке речная долина имеет уклон, существенно меньший предельного для автомобильной дороги, которую располагают на склонах выше уровня воды при паводке на полке или в полунасыпи-полувыемке. Съезд с дороги представляет большую опасность и имеет тяжелые последствия. При малых продольных уклонах дорога имеет много кривых в плане с ограниченной видимостью, обусловленной необходимостью вписывания в склоны долины.

По мере приближения дороги к перевалу условия движения осложняются. Долина сужается, склоны ее становятся более крутыми. Трасса становится извилистой, а радиусы кривых уменьшаются. Видимость на кривых, огибающих выступы рельефа, ограничивается. Некоторые водители проезжают их, «срезая кривые». При этом они заезжают с риском столкновения на полосу движения встречных автомобилей, с повышенным использованием коэффициентов сцепления шин с покрытием, на грани заноса, с характерным скрипом шин. Характерно, однако, что, несмотря на сложные дорожные условия, относительное количество происшествий на горных дорогах на 1 млн. авт-км меньше, чем в более благоприятных дорожных условиях, при большей тяжести происшествий. Это объясняется повышенным вниманием основной массы водителей в сложных дорожных условиях.

В верховьях долины крутизна ее возрастает, уклон водотока становится большим, чем допускаемые на дороге продольные уклоны. Длину трассы искусственно увеличивают заходом на большое расстояние в боковые долины впадающих водотоков. Извилистость дороги возрастает. Нередки случаи, когда в конце крутого спуска бывает кривая малого радиуса при въезде на мост.

На горных дорогах, особенно на участках в верхней части речных долин и на подходах к перевалам, возникает ряд опасностей для движения, необычных для других природных районов — падение камней со склонов, завалы дороги селевыми выносами и снежными лавинами. Своевременное предупреждение об их опасности является обязанностью дорожников.

На выходе на перевал дороги имеют большие, часто предельные продольные уклоны. На особенно крутых склонах дорогу развивают, устраивая серпантины, трудные для проезда автобусов и автопоездов.

На некоторых высокогорных перевалах условия движения ухудшаются снижением мощности двигателей по мере возвышения над уровнем моря. Опасность происшествий возрастает в связи с кислородным голоданием водителей. На высоте более 3000—4000 м многие водители жалуются на затрудненное дыхание, головную боль, учащенное сердцебиение и шум в ушах. Время их реакции увеличивается.

### **1.3. Характеристики дорожно-транспортных происшествий**

Дорожно-транспортные происшествия возникают на различных участках дорог, отличающихся как по транспортно-эксплуатационным характеристикам, так и по интенсивности движения. Непосредственное сравнение дорог по количеству происшествий не может точно характеризовать безопасность и условия движения.

Чтобы использовать при анализе степени безопасности участка дороги материалы статистики дорожно-транспортных происшествий, используют специальную систему показателей — коэффициент относительной аварийности (сокращенно — коэффициент происшествий). Для длинных, сравнительно однородных по геометрическим элементам участков дорог коэффициент относительной аварийности выражают числом происшествий на 1 млн авт-км пробега по этому участку:

$$Y_1 = \frac{10^6 z}{365NL}, \quad (1.1)$$

где  $z$  — количество происшествий за год;  $N$  — среднегодовая интенсивность движения в обоих направлениях, принимаемая по данным проводимого дорожными организациями учета движения, авт/сут;  $L$  — длина участка дороги, км. Для происшествий со смертельными исходами расчет ведут на 10 млн авт-км.

Для очень коротких участков (мосты, пересечения дорог, местные сужения проезжей части), влияние которых распространяется недалеко за непосредственные пределы опасного места, выражение (1.1) непригодно. Степень опасности движения по ним оценивают

другим показателем — количеством дорожно-транспортных происшествий  $Y_2$ , приходящихся на 1 млн автомобилей, прошедших через этот участок. При этом учитывают не только происшествия на самом объекте, но и случившиеся в пределах зоны изменения скоростей на подходах к нему:

$$Y_2 = \frac{10^6 z}{365N} \quad (1.2)$$

Расчет на 1 млн автомобилей не является завышенным, так как это соответствует прохождению в течение года через мост, короткую кривую малого радиуса или участок дороги длиной 1 км примерно 3000 авт/сут.

Дорожно-транспортные происшествия имеют последствия различной тяжести — от незначительных повреждений автомобилей до серьезных ранений и смертельных исходов. Чтобы оценить степень опасности для едущих и возможный материальный ущерб, используют «обобщенный показатель тяжести происшествий», вычисляемый по формуле:

$$U = p_1 n_1 + p_2 n_2 + p_3 n_3 + p_4 n_4, \quad (1.3)$$

где  $p_1, p_2, p_3, p_4$  — количество происшествий разной тяжести последствий — неотчетные, только с материальным ущербом, с легкими ранениями, с тяжелыми ранениями и смертельными исходами;  $n_1, n_2, n_3, n_4, n_5$  — соответствующие им коэффициенты тяжести происшествий разных типов.

Неотчетными считают происшествия, при которых суммарный материальный ущерб не превысил 150 руб.; к легким относят ранения, вызвавшие перерыв в работе пострадавшего не более 5 сут. Погибшими при дорожных происшествиях в России считают умерших в момент происшествия или в течение 7 сут после него. Последний срок существенно различается в разных странах, составляя от 1 года в Канаде и 30 сут в Бельгии, Ирландии и США до 1 сут в Испании. В Японии и Португалии погибшими считают только умерших в момент происшествия. Умерших после указанных сроков относят к тяжелораненым.

Для условий России установлены следующие значения коэффициентов тяжести:

Материальный ущерб . . . . .	1
Легкое ранение . . . . .	0,4
Тяжелое ранение . . . . .	7
Тяжелое ранение, приведшее к инвалидности . . . . .	70
Смертельный исход . . . . .	100

Близкие значения предлагались и в других странах. Так, например, в ФРГ Ф. Рейнгольд, впервые выдвинувший в 1938 г. идею коэффициентов тяжести дорожных происшествий, предложил соответственно значения коэффициентов 1, 5, 70 и 130.

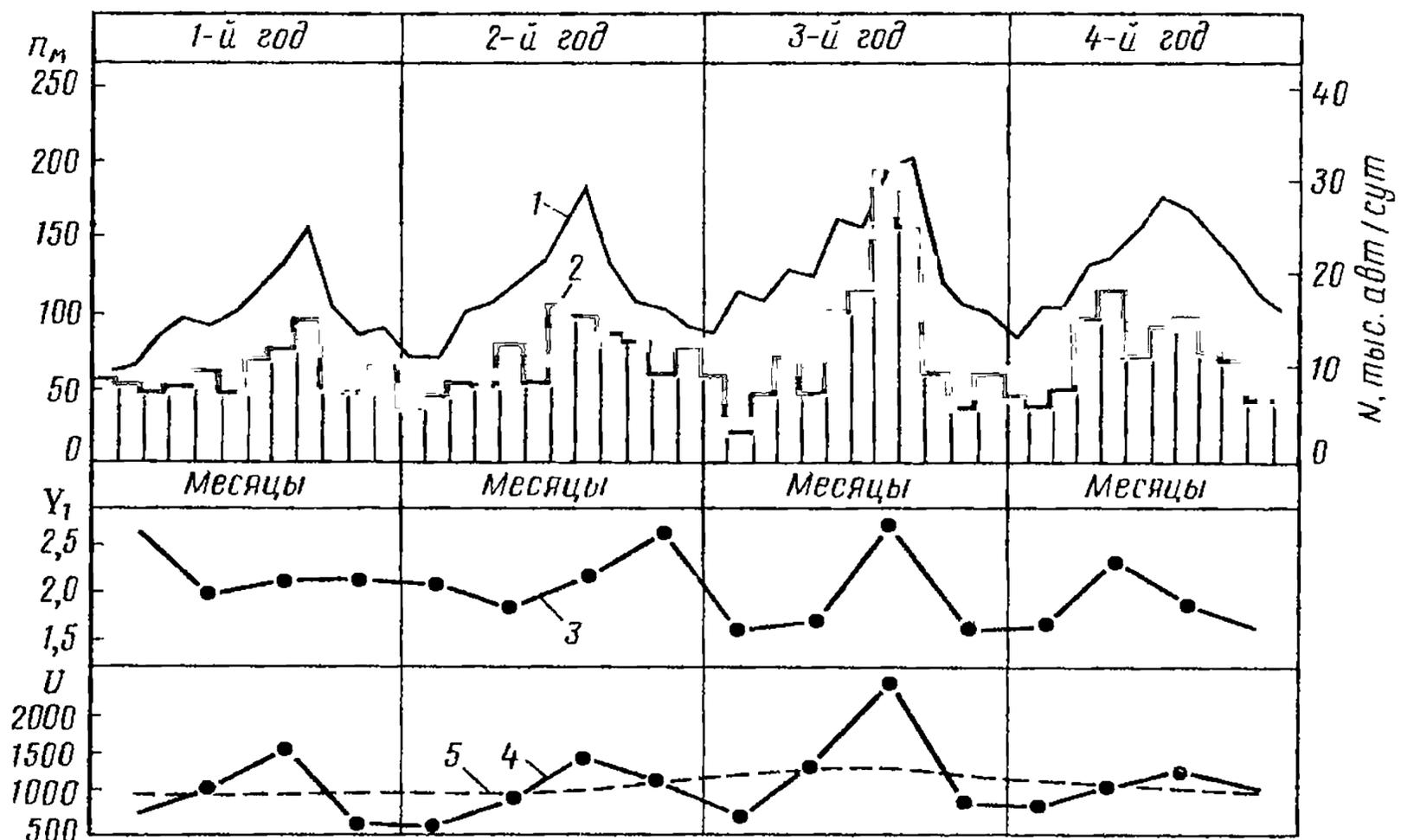


Рис. 1.2. Изменение количества дорожно-транспортных происшествий в течение нескольких лет:

1 — интенсивность движения; 2 — количество происшествий в разные месяцы; 3 — средний за квартал коэффициент относительной аварийности (количество происшествий на 10 млн авт-км пробега); 4 — средний за квартал коэффициент тяжести происшествий по Рейнгольду; 5 — то же за год

Описанный метод оценки аварийности условен, поскольку исходит из средней за год интенсивности движения. Фактически, как известно, в течение года она может колебаться в значительных пределах. На дорогах, ведущих в курортные районы, она возрастает летом и существенно снижается в осенне-зимний период. На дорогах сельскохозяйственных районов интенсивность возрастает в периоды вывоза урожая. Соответственно не остаются постоянными в течение года и коэффициенты, характеризующие относительную аварийность, увеличиваясь для периодов возрастания интенсивности движения (рис. 1.2). Значения коэффициентов можно определить исходя из соотношения числа дорожных происшествий в этот период и его продолжительности.

#### 1.4. Потери от дорожно-транспортных происшествий

Дорожно-транспортные происшествия, вызывающие гибель и ранения людей и потери материальных ценностей, приносят значительный ущерб. За рубежом считают, что эти потери могут достигать 1,5—2% национального дохода. Поэтому несомненно, что мероприятия по повышению безопасности дорожного движения дают

для общества значительный экономический эффект, который необходимо учитывать как для обоснования соответствующих мероприятий по улучшению дорог, находящихся в эксплуатации, так и при оценке вариантов новых дорог на стадии проектирования. Однако определение этого эффекта связано с рядом трудностей при учете косвенных влияний дорожно-транспортных происшествий.

Стоимость материальных потерь от повреждения автомобилей легко поддается определению по затратам на их восстановление. Но при этом остаются неучтенными потери, связанные с невозможностью использовать поврежденный автомобиль в период ремонта. При учете стоимости лечения пострадавших при происшествии можно достаточно точно учесть затраты на лечение и оплату листка нетрудоспособности, но остается неизвестным возможное снижение их трудоспособности в последующий период жизни. Наибольшую сложность вызывают случаи со смертельным исходом в связи с крайней условностью оценки в денежном эквиваленте человеческой жизни. В финансовых расчетах невозможно отразить моральную тяжесть потери погибшего для семьи и общества, оценить значение того вклада, который он мог бы сделать в своей дальнейшей деятельности. Но нельзя одновременно отрицать необходимость выработки методики оценки экономической эффективности проведения мероприятий по повышению безопасности движения при перестройке дорог и устранении на них опасных мест.

Инструкция по учету потерь народного хозяйства от дорожно-транспортных происшествий при проектировании автомобильных дорог (ВСН 3-81 Минавтодора РСФСР) учитывает только потерю части национального дохода, который мог быть получен, если бы погибший продолжал трудиться еще ряд лет до ухода на пенсию и вносил свой вклад в развитие народного хозяйства страны. Расчет связан с рядом упрощений. Он исходит из экстраполяции данных ЦСУ о темпах роста суммарного национального дохода, о среднемесячной заработной плате работающих, допущении продолжения ее ежегодного увеличения на 4%, как было в последние 20 лет, и из выделения на дальнейшее развитие народного хозяйства 25% национального дохода.

Для интенсивно развивающегося народного хозяйства значение немедленно вносимого вклада больше, чем если он будет внесен позднее. В настоящее время в технико-экономических расчетах для возможности оценки эффективности осуществляемых в разное время затрат используется метод сложных процентов, принятый в разработанной ГКНТ и Академией наук СССР Типовой методике определения экономической эффективности капитальных вложений и новой техники.

Эффект от вложения в данный момент в народное хозяйство  $A$  руб через  $t$  лет будет равен  $A \frac{1}{(1+E)^t}$ . Здесь через  $E$  обозначен нормативный коэффициент сравнительной экономической эф-

фективности капитальных вложений в народное хозяйство, принимаемый для всех его отраслей равным 0,10.

Величину  $\frac{1}{(1+E)^t}$  называют коэффициентом отдаленности, или коэффициентом приведения затрат более поздних лет к расчетному году. Таким образом, при оценке вклада, который мог бы сделать пострадавший при дорожно-транспортном происшествии в своей дальнейшей трудовой деятельности, необходимо учитывать два обстоятельства:

увеличение национального дохода, приходящегося на одного человека;

снижение значимости вклада со временем.

Идея расчета ясна из рис. 1.3. Количество погибших за год лиц разного возраста характеризуется гистограммой, построенной по статистическим данным за последние годы. Рассмотрим одну из групп лиц, погибших в возрасте  $T$  лет за  $\theta$  лет до возраста выхода на пенсию  $T_p$ . Так как группа состоит из мужчин и женщин, то возраст  $T_p$  можно принять как средневзвешенный возраст выхода на пенсию  $n_1$  (%) работающих  $T_m$  мужчин и  $n_2$  (%)  $T_{ж}$  женщин.

Поэтому  $T_p = \frac{n_1 T_m + n_2 T_{ж}}{100}$ . При этом для упрощения не будем учитывать процент умерших от болезней до достижения пенсионного возраста, допуская, что эти потери компенсируются продолжающими работать после достижения пенсионного возраста. Рассматриваемая группа лиц составляет  $n_T$  (%) общего числа погибших  $N$ , т. е. равна

$\frac{n_T N}{100}$ . При расчете количество погибших  $N$  принимают с учетом тенденций изменения числа происшествий во времени. На рис. 1.3 показаны линии роста вклада одного человека в развитие народного хозяйства  $q_t = (1+bt)$  (где  $q$  — вклад в год гибели;  $b$  — коэффициент ежегодного прироста производительности) и кривая значений коэффициента отдаленности  $\frac{1}{(1+E)^t}$ . Произведение ординат

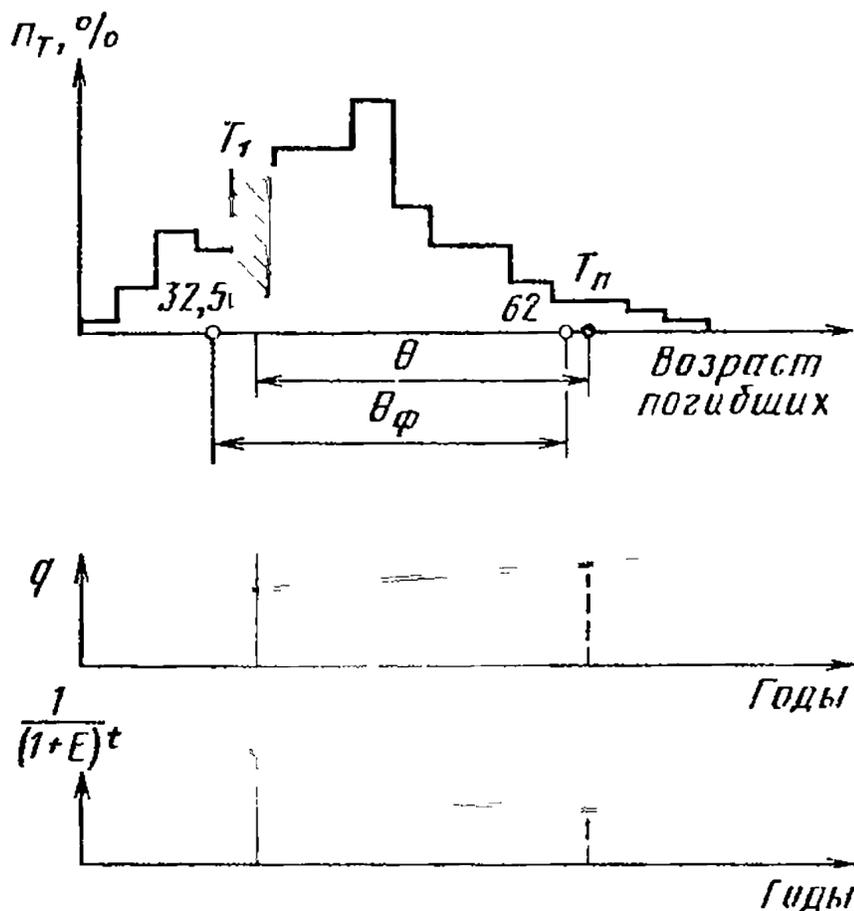


Рис. 1.3. Схема определения размера ущерба от смертельных исходов дорожно-транспортных происшествий

этих линий для  $t = \theta$  дает приведенное значение вклада одного человека. Для всей возрастной группы вклад составляет  $Q_T = \frac{n_T q (1+b\theta)}{(1+E)^\theta}$ . Суммарная потеря общества от смертельных исходов дорожно-транспортных

Т а б л и ц а 1.1

Тяжесть происшествия	Величина потерь, руб.			
	1985 г.	1990 г.	1995 г.	2000 г.
Легкое ранение	49	53	58	62
Тяжелое »	715	765	815	865
Ранение, приведшее к инвалидности	16 965	18 740	20 515	22 290
Смертельный исход	27 450	30 100	32 750	35 400

происшествий может быть определена суммированием потерь от всех возрастных групп с значениями  $\theta$ , меняющимися от 1 года до  $T_n$  лет.

Действующая Инструкция исходит из использования средних статистических данных, согласно которым женщины составляют 20% погибших, средний возраст погибших 32,5 года, а возраст ухода на пенсию 62 года.

Учитывая продолжительность потерянного рабочего периода  $29,5 \approx 30$  лет, потери народного хозяйства  $Q = \frac{Nq(1+30t)}{(1+E)^{30}}$ .

Определенные по описанной методике потери приведены в табл. 1.1 (в ценах 1990 г.).

Приведенные соображения поясняют идею методики оценки потерь от гибели участников движения при сравнении вариантов проектных решений или мероприятий по организации движения. Снижение производства, связанное с трудностями перехода Российской Федерации к рыночной экономике, сделало нереальными предложенные в ВСН 3-81 цифры потерь (см. табл. 1.1), но не отразилось на идее методики оценки, так как при расчетах может быть принята любая прогнозируемая тенденция изменения вклада одного человека в развитие народного хозяйства, как возрастающего или стабильного, так и убывающего.

Следует отметить, что принимаемые за рубежом потери от гибели одного человека значительно выше и по данным 1990 г. составляли в США 1,5 млн. долларов, а в ФРГ — 1,2 млн. марок.

### 1.5. Роль дорожных условий в обеспечении безопасности движения

Дорожно-транспортные происшествия лишь в редких случаях могут быть объяснены одной причиной. Обычно они являются результатом взаимодействия ряда факторов, из которых один является решающим. Между тем при анализе статистических данных обычно указывается лишь одна причина, чаще всего вина водителя, неправильно избравшего режим движения, тем более что для

любого происшествия всегда можно указать скорость движения одного из участников, при которой его бы не произошло. Серьезное уточнение в этот вопрос внес п. 11.1 Правил дорожного движения (1987 г.), согласно которому водитель обязан снижать скорость или останавливать транспортное средство в случаях, когда он «в состоянии обнаружить препятствие или опасность для движения». Это исключает вину водителей и повышает ответственность дорожных условий в происшествиях на необозначенных местах повышенной скользкости или в результате заезда на заполненную водой или запорошенную снегом глубокую рытвину на дороге.

Современная статистика указывает, что по вине водителей совершается 75—80% дорожно-транспортных происшествий. Если исключить происшествия, совершаемые в нетрезвом состоянии, то не менее 45—50% связаны с недисциплинированностью или ошибками водителей.

Непосредственная роль дорожных условий в возникновении происшествий согласно официальной статистике невелика. Ими в разных странах объясняют от 2 до 20% общего числа происшествий. В России различные источники последних лет указывали, что дорога является причиной каждого пятого или седьмого происшествия. Кажущееся столь малое влияние дороги вызвано тем, что работники автоинспекции расследуют происшествия без использования аппаратуры, которая могла бы объективно фиксировать размеры и состояние элементов дороги, а также погодные условия в момент возникновения происшествий.

К числу вызванных неблагоприятными дорожными условиями относят только происшествия, связанные с явно бросающимися в глаза неисправностями дороги или дорожных сооружений — плохим состоянием обочин и мостов (10—12%), отсутствием ограждений, неровностью (25%) или очевидной скользкостью покрытий — гололедом (40%). Характерно, однако, что в проведенном в 1986 г. в Грузии анкетировании среди сотрудников дорожно-патрульной службы ГАИ причины происшествий были раскрыты более глубоко — в 13—33% случаев было названо несоответствие дорожных условий интенсивности движения, в 16—40% — отсутствие дорожных знаков и разметки и в 12% — отсутствие искусственного освещения опасных мест. На вопрос о том, что необходимо для повышения безопасности движения, 31% опрошенных указали на необходимость улучшения дорожных условий и от 22 до 54% — на обязательность связанного с этим ограничения скорости движения.

Недооценка официальной статистикой роли дороги в возникновении дорожно-транспортных происшествий создает у дорожников настроение самоуспокоенности и способствует их формальному, а иногда и безразличному подходу к участию в борьбе за безопасность движения. Она особенно опасна тем, что дает основание

при разработке проектов нового строительства или реконструкции существующих дорог исключать в поисках путей снижения возрастающей с каждым годом стоимости работ в числе других и мероприятия, непосредственно направленные на повышение безопасности движения (например, устройство тротуаров и освещения в населенных пунктах, относя их к работам второй очереди, выполняемым в процессе эксплуатации, или полагая, что они должны выполняться другими организациями).

В тех случаях, когда проводился детальный анализ с осмотром мест происшествий и учетом конкретных особенностей их возникновения, выяснялось, что дорожные условия в значительной степени способствовали возникновению этих происшествий, неожиданно осложняя управление автомобилем по сравнению с предшествующими участками. По данным А. П. Матросова (1971 г.), дорожные условия являются косвенной причиной 70% дорожно-транспортных происшествий. Е. М. Лобанов (1980 г.) установил, что в республиках Прибалтики на долю дорожных условий приходится от 60 до 75% происшествий, хотя официальная статистика признает это лишь в 4,7% случаев. В. В. Чванов (1986 г.) пришел к выводу, что в горной местности дорожные условия являются основной причиной 47,3% происшествий, хотя это было признано только в 2,1% случаев. Наконец, в 1991 г. Всесоюзный научно-исследовательский центр безопасности дорожного движения МВД СССР признал, что неудовлетворительное состояние улиц и дорог является прямой или сопутствующей причиной 40—45% всех дорожно-транспортных происшествий на автомобильных дорогах.

Дороги становились в таких случаях косвенной сопутствующей причиной дорожно-транспортного происшествия, стимулирующей ошибки водителей. По анализу, выполненному ГАИ СССР, существует более 140 причин дорожно-транспортных происшествий, из которых 60—80% непосредственно связаны с дорожными условиями. Таким образом, глубокое изучение влияния дорожных условий на безопасность движения неизбежно приводит к необходимости пересмотра взглядов на их роль в возникновении дорожно-транспортных происшествий и на ответственность за них дорожных организаций, если не юридическую, то моральную.

Участки дорог, не соответствующие режимам движения, складывающимся на основной протяженности дороги, становятся местами сосредоточения происшествий — очагами аварийности, за рубежом образно называемыми «черными пятнами» и «черными милями». Протяженность таких мест невелика по сравнению с общей протяженностью дорог. В России считают, что она не превышает 2—5% общей протяженности дорожной сети, но на них возникает от 20 до 40% всех происшествий. Критерии отнесения участков дороги к категории опасных не одинаковы в разных странах и зависят от общей степени обеспеченности безопасности движения. В Великобритании, например, к ним относят участки, на которых

на протяжении 0,3 км за 3 года случилось не менее 12 происшествий; в ФРГ — если в течение года было десять и более разных происшествий или повторилось четыре происшествия одного типа; в ЧСФР — если на 100 м дороги зарегистрировано не менее пяти происшествий. В России опасность участков оценивают в зависимости от соотношения среднего числа происшествий на 1 км за 3 года на всей дороге и их числа на коротких участках, где они сосредоточивались (см. табл. 6.2).

### **1.6. Сезонные изменения состояния дороги и их влияние на возникновение происшествий**

Технические нормативы на проектирование новых дорог предполагают благоприятное состояние проезжей части — чистую сухую или слабоувлажненную шероховатую поверхность покрытия, обеспечивающую хорошее сцепление с шинами автомобилей. В процессе службы дороги коэффициент сцепления постепенно снижается по мере износа покрытия. Значительно влияют на сцепление погодные условия — дождь, снеговой покров и, особенно, гололед.

Расчетное состояние покрытия не сохраняется в течение всего года в связи с влиянием на него меняющихся погодных условий. На рис. 1. показано изменение природно-климатических условий в течение года в районе с устойчивым снежным покровом. Сильно влияющий на дорожные условия снеговой покров продолжается в разных районах страны от нескольких дней до 250 и более на севере страны. На дорогах с усовершенствованными покрытиями в зависимости от тщательности зимнего содержания может быть твердая сухая поверхность, а на дорогах с покрытиями переходных типов может оставаться тонкая плотная накатанная движением корка снега толщиной 3—5 см. При определенных погодных условиях — высокой влажности воздуха и температурах от 0 до  $-3^{\circ}\text{C}$  на покрытии или на находящемся на нем тонком накатанном слое снега образуется тонкая пленка льда — гололед, снижающая коэффициент сцепления до 0,07—0,1.

Во время летних сильных ливней на покрытиях может образоваться тонкий слой стекающей или застаивающейся в пониженных местах воды, приводящий к возникновению явления гидропланирования ведущих колес, приводящего к потере управляемости автомобиля (см. § 9.4). При затяжных дождях, а также в переходные весенние и осенние периоды колеса заезжающих на неукрепленные обочины автомобилей, нанося на покрытие слой грязи, делают дорогу скользкой. Боясь заноса при заезде колеса на обочину, водители держатся ближе к середине проезжей части, что повышает опасность дорожно-транспортных происшествий.

Для условий средней полосы европейской части страны длительность нахождения проезжей части в разных состояниях со-

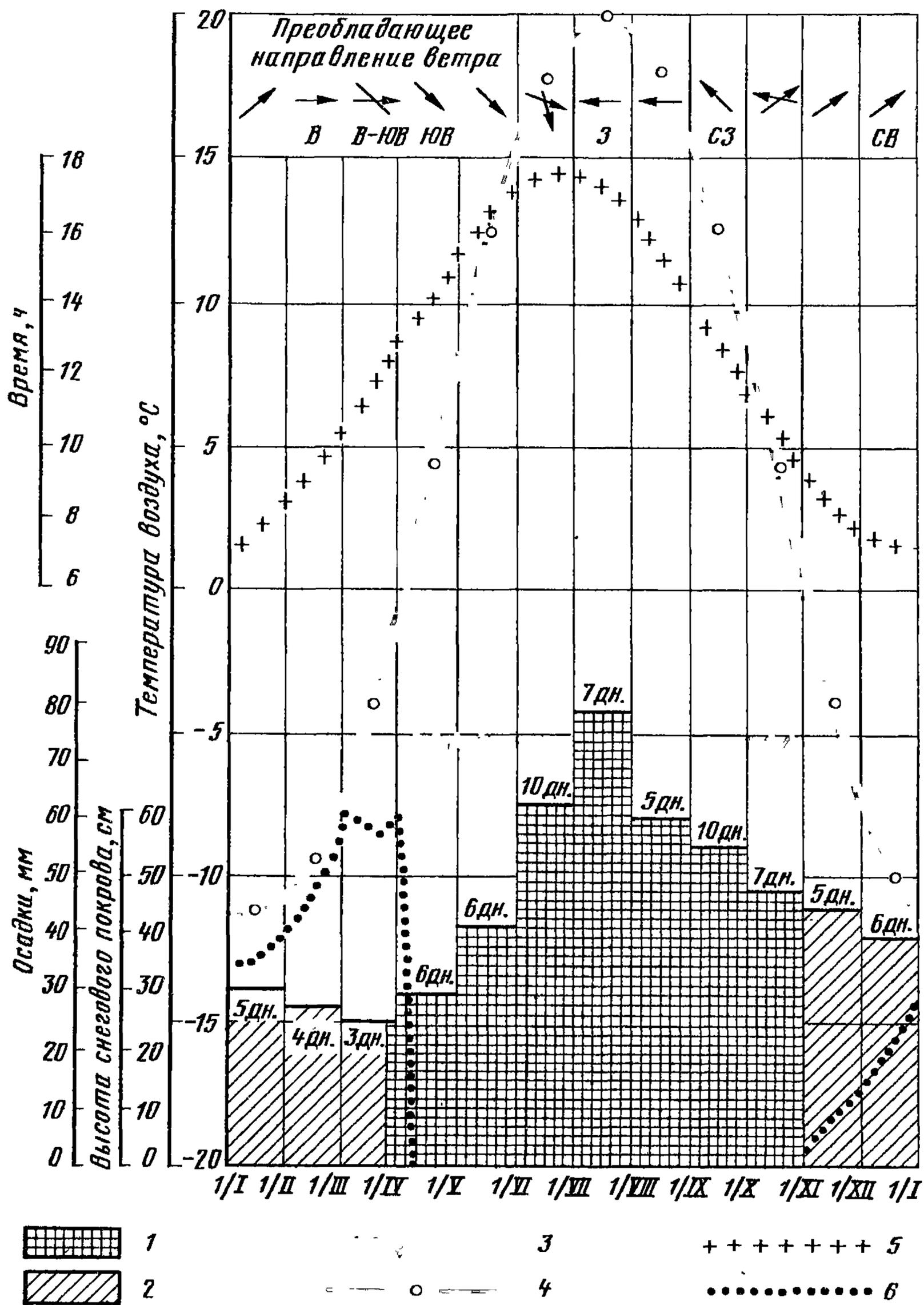


Рис. 1.4. График характеристик климата района проложения дороги:

1 — дождевые осадки; 2 — снеговые осадки; 3 — периоды распутицы на грунтовых дорогах; 4 — температура; 5 — продолжительность светового периода дня; 6 — высота снежного покрова

ставляет в среднем: сухое — 68%, мокрое, грязное и скользкое — 14%, со снежным накатом — 10% и при гололеде — 8%.

При снижении коэффициента сцепления увеличивается длина тормозного пути автомобилей, а в ряде случаев и создается опасность заноса. Участки дороги в плане и продольном профиле, геометрические элементы которых были рассчитаны исходя из высоких коэффициентов сцепления, уже не могут обеспечить безопасного проезда с расчетной скоростью. Поскольку водители не могут точно оценить состояние покрытия во время дождя или снегопада, они часто превышают безопасную скорость, и на дороге возрастает количество дорожно-транспортных происшествий.

В течение года значительно изменяется продолжительность светлого и темного периода суток. В северных районах страны зимой в часы утренних и вечерних суточных пиков движения автомобили движутся при свете фар, которые не обеспечивают необходимой дальности видимости покрытия при высокой скорости.

Устранение влияния погодных факторов, снижающих транспортно-эксплуатационные качества дороги и безопасность движения, является задачей службы ремонта и содержания дороги. Ее подразделения, удаляя с дороги выпадающий снег, борются с гололедом путем обработки растапливающими ледяную пленку гигроскопическими солями (хлористый натрий, хлористый кальций и хлористый магний) или посыпки проезжей части повышающим сцепление песком, в который часто добавляют соль против смерзания и для лучшего сцепления с ледяной коркой. Летом с покрытия удаляют пыль и грязь. Зимой приходится выполнять в короткие сроки большие объемы работ по очистке дороги от выпадающего снега. Около дороги накапливаются валы снега, которые снижают эффективную ширину проезжей части. При хорошо организованной очистке, когда неровности замерзших обочин выравниваются тонким слоем снега, условия движения улучшаются по сравнению с осенью, когда по краям покрытия откладывается слой грязи, натаскиваемой колесами с обочин. При ограниченных возможностях снегоочистки на обочинах накапливаются валы снега. Их образованию часто способствуют устанавливаемые у кромки земляного полотна ограждения, мешающие переносу снега через дорогу. Особенно затрудняется удаление снега из выемок, где из-за поперечного профиля дороги, способствующего снижению скорости снего-ветрового потока, происходит интенсивное отложение снега (рис. 1.5).

Отложения снега на обочинах сужают проезжую часть, затрудняя обгоны и разъезды, что вызывает снижение скоростей транспортного потока. В переходные периоды весны и осени условия движения ухудшают частые туманы, ограничивающие видимость пути на расстоянии, необходимом для уверенного ведения автомобиля. Степень опасности туманов зависит от их густоты — объема взвешенных в воздухе мельчайших капелек воды. При влажности тумана, превышающей  $0,8 \text{ г/м}^3$  (сильный туман), видимость

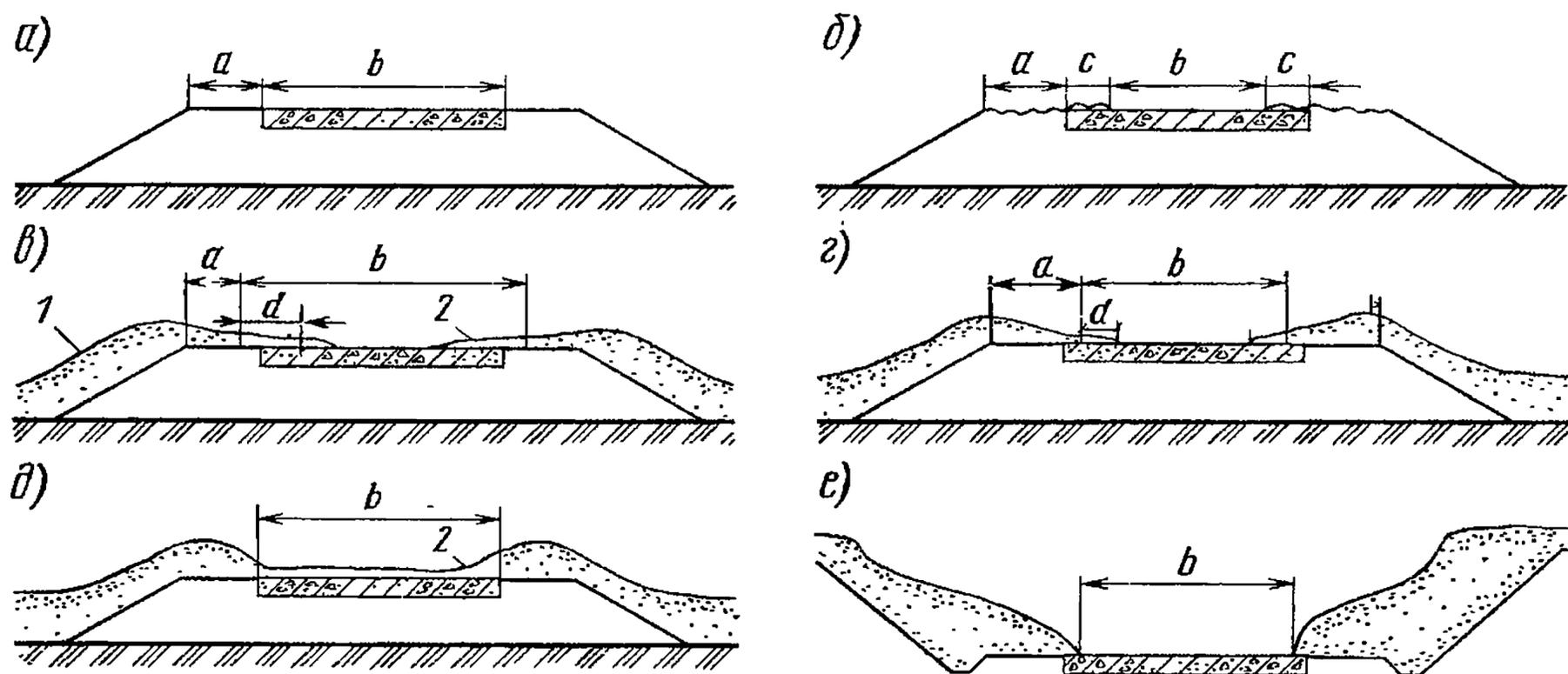


Рис. 1.5. Использование проезжей части в разные периоды года:

*a* — летом; *б* — весной и осенью при неукрепленных обочинах; *в* — зимой на регулярно очищаемых от снега участках при отсутствии помех на обочинах; *г* — то же при наличии ограждений на обочинах; *д* — то же при неполной очистке дороги от снега без удаления снежных валов на обочинах; *е* — в выемках; *a* — фактическая ширина обочин; *b* — используемая ширина проезжей части; *c* — полосы покрытия, загрязняемые весной и осенью; *d* — уплотненные полосы снега или льда; *1* — рыхлый снег; *2* — уплотненный снег или лед

не превышает 50 м. Только при водности  $0,4 \text{ г/м}^3$  видимость достигает 500 м, что можно считать соответствующим расстоянию видимости, необходимому для безопасного осуществления обгона на дорогах высших категорий.

Изменение состояния поверхности дороги и эффективности использования ширины проезжей части, а также сезонные колебания интенсивности движения и состава транспортных потоков меняют характер возникающих на дороге происшествий. Наиболее распространенными из них являются столкновения и опрокидывания автомобилей, составляющие в сумме более 65% общего числа происшествий. Изменение соотношения числа лобовых столкновений и опрокидываний по сезонам года характеризует роль сужений проезжей части и скользкости покрытий в возникновении дорожно-транспортных происшествий. Это соотношение, составляющее 4,14 зимой, 2,37 и 2,08 весной и осенью, снижается до 1,57 летом. Роль опрокидывания при съездах с дороги на кривых возрастает летом при увеличении в транспортном потоке легковых автомобилей и мотоциклов.

К числу природных воздействий относятся и сильные порывы ветра, опасные для движения по открытой местности. Известны случаи, когда шквальные порывы ветра в степных и приморских районах опрокидывали автобусы и грузовые автомобили с высокими фургонами.

На значительной части территории страны средние годовые скорости ветра превышают 6—9 м/с. Немало районов, где скорости

ветра превышают 30—40 м/с. В таких местах опасен момент выезда автомобиля из зон затишья — выемок, тоннелей, лесных просек, участков с густыми плотными насаждениями — на открытое место, где неожиданно для водителя на автомобиль воздействует боковой порыв ветра. На кривых малого радиуса боковое давление, складываясь с центробежной силой, может снижать устойчивость автомобиля. Опасность, возникающая на высоких насыпях и характерных для современных автомобильных магистралей высоких виадуках через глубокие долины, где скорости ветра выше, тем значительнее, чем меньше коэффициент поперечного сцепления шин с покрытием и выше скорость движения.

Боковое давление вызывает боковой увод шин, которые, распрямляясь при въезде в зону затишья, создают толчок. Опасность дорожно-транспортного происшествия от сноса автомобиля ветром с дороги или на полосу встречного движения возникает при тем меньшей скорости ветра, чем выше скорость движения:

Скорость легкового автомобиля, км/ч . . . . .	60—80	100	120
Опасная скорость бокового ветра, м/с . . . . .	15	10	5

Для предупреждения об опасности происшествий от бокового ветра устанавливаются дорожные знаки «Боковой ветер» и ветровые конусы на придорожной полосе. Зоны перехода от участков затишья к открытым местам ограждают высокими решетчатыми ограждениями на протяжении 40—50 м с просветами между вертикальными планками шириной 20 см, постепенно возрастающими от начала к концу с 10 до 80 см. Этим обеспечивается плавность нарастания бокового давления ветра.

### **1.7. Загрузка дороги движением, ее пропускная способность и безопасность движения**

подавляющее большинство водителей проезжает сложные участки дорог с повышенной внимательностью. Как правило, эти участки требуют для безопасности проезда снижения скорости по сравнению со скоростью на предшествующем участке с более благоприятными дорожными условиями. Неосмотрительные и неопытные водители, мало считаясь с особенностями расположенных впереди участков дороги, могут въехать на опасный участок с высокой скоростью, превышающей безопасную для этого участка. Сталкиваясь неожиданно для себя с необходимостью резкого снижения скорости, они попадают в аварийную ситуацию. В аналогичное положение могут попасть и усталые водители, продолжительность времени реакции которых повышена. Опасным является и период выезда с опасных участков, когда возможны столкновения с встречными автомобилями при попытках обгона в сложных дорожных условиях медленно едущих автомобилей быстрыми.

Опасность возникновения происшествия может быть охарактеризована коэффициентом безопасности (рис. 1.6) — отношением скорости  $v$ , обеспечиваемой опасным участком, к скорости  $v_{вх}$ , которая может быть развита в конце предшествующего участка:

$$K_b = v/v_{вх}. \quad (1.5)$$

Обследования большого числа опасных участков дорог и анализ первичных актов о дорожно-транспортных происшествиях показали, что участки с отношением скоростей движения одиночных свободно движущихся автомобилей 0,8—1,0 можно считать безопасными для движения, с отношениями 0,6—0,8 — малоопасными, 0,4—0,6 — опасными, менее 0,4 — очень опасными.

Обычно при въезде на сложные участки дорог водители интуитивно притормаживают, тем более сильно, чем ниже коэффициент безопасности. Для большинства водителей характерны следующие реализуемые при этом отрицательные ускорения:

Коэффициент безопасности	0,2	0,4	0,6	0,8	0,9
Отрицательное ускорение, м/с <sup>2</sup>	1,1	1	0,8	0,5	0,2

Именно непрерывностью и плавностью изменения кривизны трассы объясняются высокие транспортные качества и большая безопасность движения дорог, запроектированных с соблюдением принципов пространственной плавности и ландшафтного проектирования с введением длинных переходных кривых и обеспечением значительного расстояния видимости, исключающих резкие изменения скорости движения автомобилей.

Опасные места в связи с происходящим на них изменением скоростей движения, а иногда и перестроением транспортных потоков являются местами снижения пропускной способности дороги, а нередко и возникновения заторов. Изменение пропускной способности на сложном участке дороги связано с его коэффициентом безопасности. При разработке строительных норм и правил на автомобильные дороги принимают, что типичная пропускная способность дороги определяется точкой  $N_1$  пересечения на графике (рис. 1.7) линий экспериментальной зависимости средней скорости транспортного потока от интенсивности движения и теоретической зависимости между скоростью и пропускной способностью по предположкам простейшей динамической модели.

Первая из них выражается уравнением

$$v_n = v_1 - \alpha N, \quad (1.6)$$

где  $v_1$  — скорость свободного движения одиночного автомобиля на рассматриваемом участке дороги, км/ч;  $N$  — интенсивность движения, авт/ч;  $\alpha$  — коэффициент, зависящий от состава потока движения.

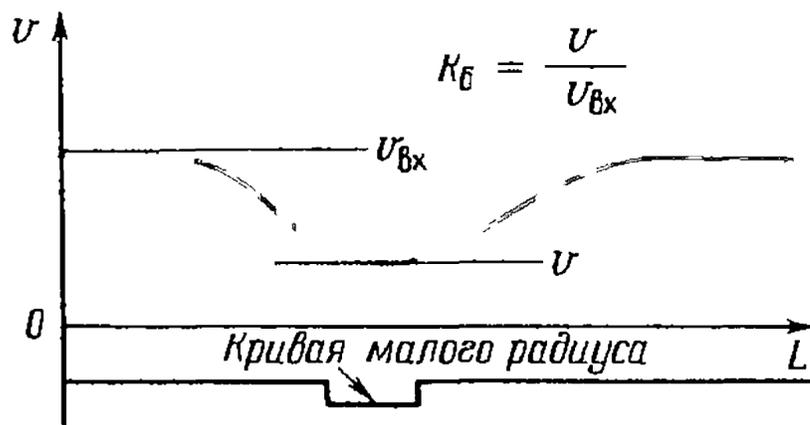


Рис. 1.6. Схема для определения коэффициента безопасности

Вторая кривая выражает уравнение интенсивности колонного движения в зависимости от постоянной скорости потока однотипных автомобилей:

$$N = \frac{1000v_N}{l_1 + l_2 + l_3 + l_4} = \frac{1000v_N}{\frac{v_N}{3,6} + \frac{K_3 v_N^2}{254(\varphi \pm i + f)} + l_3 + l_4}, \quad (1.7)$$

где  $v_N$  — скорость, км/ч;  $l_1$  — путь, проходимый автомобилем за время реакции водителя;  $l_2$  — тормозной путь;  $l_3$  — длина автомобиля;  $l_4$  — расстояние между автомобилями в случае остановки колонны;  $K_3$  — коэффициент эксплуатационного состояния тормозов;  $\varphi$  — коэффициент сцепления;  $i$  — продольный уклон дороги, принимаемый при движении на подъем со знаком плюс, а на спуск — со знаком минус.

Сумма  $l_3 + l_4$  при составлении строительных норм и правил была принята по данным многочисленных наблюдений.

Структура формулы (1.6) показывает, что средняя скорость транспортного потока при изменении дорожных условий меняется на такое же значение, как и скорость свободного движения одиночного автомобиля  $v_1$ , т. е. при снижении его скорости из-за ухудшения дорожных условий с  $v_1$  до  $v_2$  скорость потока будет характеризоваться на графике линией  $FE$ . В пределах ограниченного интервала скоростей  $v_1 - v_2$  кривую 2 на рис. 1.7 можно с малой погрешностью заменить прямой  $AD$ .

Из подобия треугольников  $ABE$  и  $ACD$

$$BE = \frac{CD \cdot AB}{AC} \quad \text{или} \quad N_2 = \frac{N_1(v_0 + v_{N_2})}{v_0 + v_{N_1}}.$$

В этой формуле  $v_0$  — отрезок, отсекаемый на оси ординат спрямляющей линией;  $v_{N_1}$  и  $v_{N_2}$  — скорости, соответствующие интенсивности движения  $N_1$  и  $N_2$ .

Подставив в формулу (1.8) с учетом зависимости (1.6) значения скоростей, соответствующих пропускной способности предшествующего и опасного участка  $N_1$  и  $N_2$ , получим после преобразования

$$N_2 v_1 = N_1 v_2 + v_0 (N_1 - N_2). \quad (1.9)$$

Разделив обе части выражения (1.7) на  $N_2 v_1$  и учитывая, что отношение  $v_2/v_1$  — коэффициент безопасности при переходе с одного участка дороги на другой, получаем, что отношение пропускных способностей, которое можно назвать коэффициентом снижения пропускной способности,

$$\frac{N_2}{N_1} = \frac{K_6 v_2 + v_0}{v_2 + v_0}. \quad (1.10)$$

Выражение (1.10) доказывает, что чем меньше коэффициент безопасности  $K_6$ , тем значительно снижается пропускная способность дороги.

На многих дорогах России интенсивность движения превышает типичную пропускную способность. Условия движения при этом су-

щественно ухудшаются. Расстояния между автомобилями в транспортном потоке вначале сокращаются за счет запаса  $l_4$ , а затем тормозного пути  $l_2$ . Напряженность работы водителей и риск наезда на впереди идущий автомобиль повышаются. В результате кривая теоретической пропускной способности как бы смещается на графике вправо в тем большей степени, чем сильнее превышает фактическая интенсивность движения пропускную способность. Скорость движения при этом становится заметно меньшей  $v_{N_2} < v_{N_1}$ , а при существенном превышении теоретической пропускной способности могут возникать заторы.

Из-за уменьшения средней скорости транспортного потока на опасных участках дороги снижается эффективность использования автомобильного транспорта. Считая приближенно, что участок, на котором сказывается влияние опасного места (рис. 1.8), автомобили проходят не со входной скоростью  $v_{вх}$ , а со средней скоростью  $(v_{вх} + v_2)/2$  ( $v_2$  — скорость проезда опасного участка), можно рассчитать, что суммарные потери автомобильного транспорта в результате снижения скорости связаны с коэффициентом безопасности зависимостью

$$T = \frac{(1 + K_6)NLr}{(1 - K_6)}, \quad (1.11)$$

где  $L$  — протяженность участка, на котором ощущается снижение скорости, км;  $N$  — интенсивность движения, авт/ч;  $r$  — стоимость эксплуатации автомобиля, руб/ч.

При высокой интенсивности движения суммарные потери автомобильного транспорта весьма ощутимы. Их учет существенно

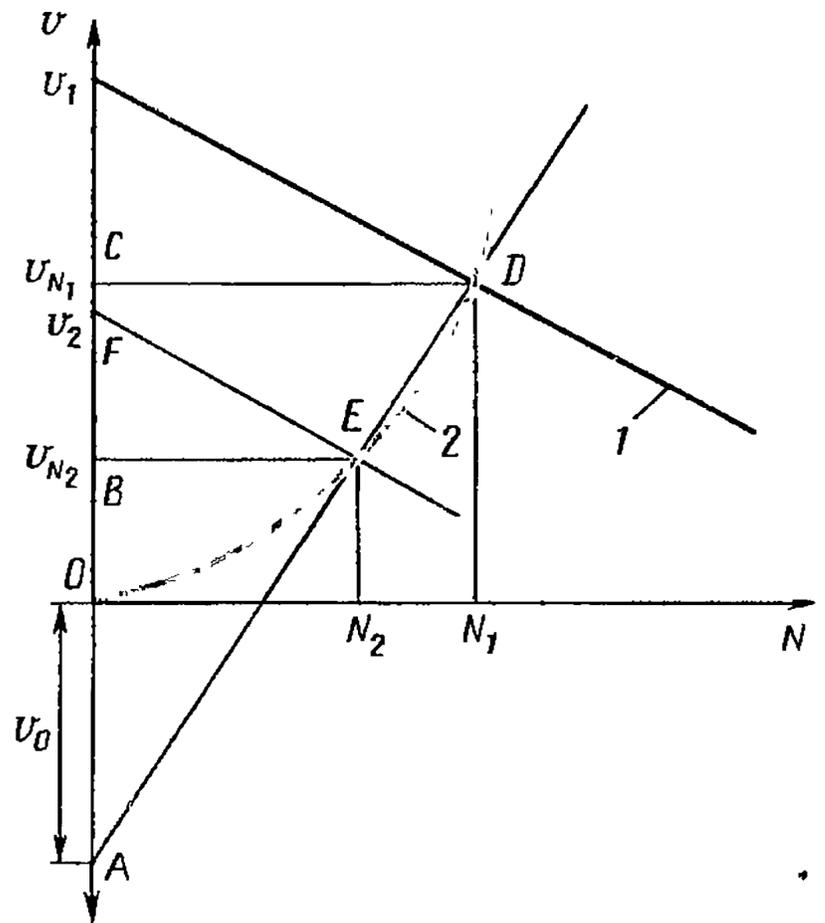


Рис. 1.7. Схема для определения связи пропускной способности дороги и безопасности движения:

1 — зависимость скорости транспортного потока от его интенсивности; 2 — пропускная способность по формуле упрощенной динамической теории транспортного потока,  $v_{N_1}$  — скорость при типичной пропускной способности

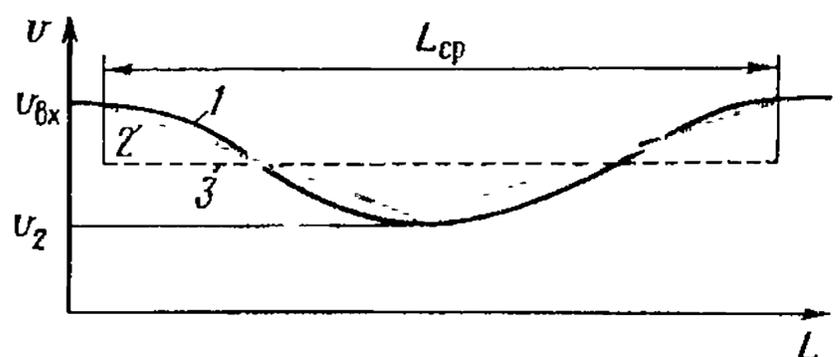


Рис. 1.8. Схема для определения потерь автомобильного транспорта от снижения скорости при проезде опасных мест:

1 — фактическая эпюра скорости; 2 — схематизированная эпюра скорости; 3 — средняя скорость движения

способствует обоснованию эффективности мероприятий по повышению безопасности движения при перестройке опасных участков.

Таким образом, мероприятия по повышению безопасности движения одновременно увеличивают пропускную способность дороги и повышают производительность автомобильного транспорта. Затраты по осуществлению мероприятий по повышению безопасности движения не являются чисто расходной статьей сметы на содержание дорог, а быстро окупаются улучшением условий перевозок.

### **1.8. Опасные места на дорогах**

Для безопасного проезда опасных мест характерна необходимость существенного снижения скорости потока автомобилей из-за неожиданного ухудшения дорожных условий или необходимости перестроений транспортного потока, связанных с изменением ранее сложившегося режима движения.

Признаками опасных участков являются:

несоответствие численного значения состояния одного из элементов дороги скоростям движения, развиваемым на предшествующих участках дороги,— мосты с шириной проезжей части меньшей, чем у дороги на подходах; участки около автобусных остановок при отсутствии уширений проезжей части; дороги в населенных пунктах около магазинов, учреждений или столовых при отсутствии оборудованных стояночных площадок; участки дорог с узкой проезжей частью и неукрепленными обочинами, ширина которых не соответствует интенсивности движения; скользкие места на кривых большого радиуса или на дорогах с шероховатым покрытием; кривые малых радиусов в конце затяжных спусков;

недостаточная видимость в плане и продольном профиле, создающая опасность наезда на препятствия на проезжей части или столкновения с идущим на обгон встречным автомобилем. К их числу относятся выпуклые переломы продольного профиля с вписанными кривыми малого радиуса, кривые в плане малых радиусов на местности, покрытой лесом, в населенных пунктах или при посадках аллеяного типа на обочинах; примыкания и пересечения дорог, около которых расположены строения, павильоны автобусных остановок; наличие на участках, имеющих постоянный уклон, и просматриваемых на большое расстояние отдельных пониженных мест (просадок), в которых не видны встречные автомобили;

резкие изменения направления дороги и места, где у водителей создается неправильное представление о дальнейшем направлении дороги,— поворот дороги непосредственно за вершиной выпуклой вертикальной кривой, скрытый поворот основной дороги в сторону с примыканием по прямому направлению второстепенной дороги; примыкание второстепенных дорог к магистральным



Рис. 1.9. Опасный участок дороги с двумя крутыми поворотами

дорогам на кривых; зигзагообразные повороты для пересечения малых водотоков или железных дорог под прямым углом;

места, где часть транспортного потока изменяет скорость или совершает перестроение, — участки дороги без переходно-скоростных полос перед съездами с дороги, затяжные крутые подъемы, которые автомобили с малым запасом тяги преодолевают на пониженных передачах с значительно сниженной скоростью, особенно опасные при пересеченном рельефе и недостаточной видимости в продольном профиле, что приводит к столкновениям при обгонах; перекрестки и примыкания в одном уровне и особенно неорганизованные («дикие») съезды, стихийно возникающие при уборочных работах в сельскохозяйственных районах; кривые малых радиусов перед мостами и пересечения с местными дорогами в конце затяжных спусков;

места, где дорожные условия и придорожная обстановка способствуют значительному превышению безопасной скорости движения, — затяжные спуски на пересечениях глубоких речных долин, характерные для некоторых автомобильных дорог юга России, а также длинные прямые участки в открытой степной местности, где однообразный придорожный ландшафт, отсутствие подъемов и спусков приводят к потере водителями контроля за скоростью;

места значительного ухудшения в неблагоприятную погоду условий движения на коротких участках дорог — пересечения дорогой пониженных участков местности, где образуются ночные туманы; подверженные образованию гололедицы около расположенных

у дороги градирен промышленных предприятий и на проезжей части мостов, скользкие после дождей свежеуложенные асфальтобетонные покрытия;

места разделения, слияния и пересечения транспортных потоков — пересечения в одном уровне, переходно-скоростные полосы;

места, где на дороге могут неожиданно появляться пешеходы, велосипедисты и дикие животные, примыкающие к населенным пунктам участки дорог, автобусные остановки без уширений проезжей части для заезда автобусов, пересечения заповедников. Опасность многих дорожных участков не всегда очевидна для едущих. Наоборот, некоторые из них живописны и создают приятное впечатление у едущих (рис. 1.9).

Опасными участками на дорогах являются не только сами места ухудшения дорожных условий, но и примыкающие к ним участки дорог, на которых транспортные потоки снижают скорость, протяженностью до 1—2 км. Они не одинаковы для разных мест. При выявлении опасных участков большую пользу может принести учет мнений водителей и анализ линейных графиков распределения происшествий по протяжению дороги.

### **Контрольные вопросы**

1. Охарактеризуйте состояние дорожно-транспортного хозяйства страны и пути решения проблемы обеспечения безопасности дорожного движения.

2. Каковы характерные особенности дорог в разных природных районах страны в связи с задачами обеспечения безопасности дорожного движения?

3. Какие используют характеристики количества дорожно-транспортных происшествий, их тяжести и степени обеспеченности безопасности движения?

4. Какова роль дорожных условий в обеспечении безопасности движения?

5. Как влияют природно-климатические факторы на безопасность движения?

6. Назовите способы выявления опасных мест на дорогах?

## **ПРИЧИНЫ ВОЗНИКНОВЕНИЯ ПРОИСШЕСТВИЙ, СВЯЗАННЫХ С ДОРОЖНЫМИ УСЛОВИЯМИ**

### **2.1. Восприятие водителями дорожных условий и режимы движения по дорогам**

Каждая дорога является сочетанием участков с различными элементами в плане и продольном профиле. Поэтому скорости движения автомобилей на маршруте не остаются постоянными. На длинных прямых горизонтальных участках, а тем более на спусках современные автомобили могут развивать скорости, существенно превышающие расчетные по строительным нормам и правилам. На длинных подъемах скорости значительно ниже расчетных.

Действовавшие в разное время Технические условия на проектирование автомобильных дорог и строительные нормы и правила всегда предусматривали напряженный режим движения (см. § 3.2). Поэтому водители автомобилей, если они не движутся в составе плотного транспортного потока, когда их режим движения вынужден, предпочитают спокойное движение со скоростями меньшими, чем предусмотрены расчетом, и избираемыми ими интуитивно, в соответствии со своим опытом и восприятием дорожных условий. Иногда при этом они как бы корректируют решения проектировщиков, заезжая на кривых малых радиусов на полосу встречного движения или проезжая их со скоростью, соответствующей удобным для них коэффициентам поперечной силы и скоростям изменения продольного и поперечного ускорений.

Водитель оценивает условия движения преимущественно визуально. Дополнительными источниками информации являются также передающиеся на его организм ускорения, возникающие при проезде по кривым и неровным участкам дороги.

Факторами, влияющими на избираемые водителями режимы движения, являются:

элементы дороги, непосредственно влияющие на управление автомобилем (изменения направления дороги, дорожные знаки, неровности проезжей части, примыкания, разветвления и перекрестки, обеспеченная видимость). Мысленно оценивая их влияние на условия движения, увязывая эту оценку с требованиями Правил движения, водитель подсознательно изменяет скорость движения;

обстановка движения — встречные и попутные автомобили, мотоциклисты и велосипедисты, пешеходы на обочинах, погодные условия;

привлекающие внимание водителя объекты, не связанные непосредственно с движением, — здания, сооружения и деревья на

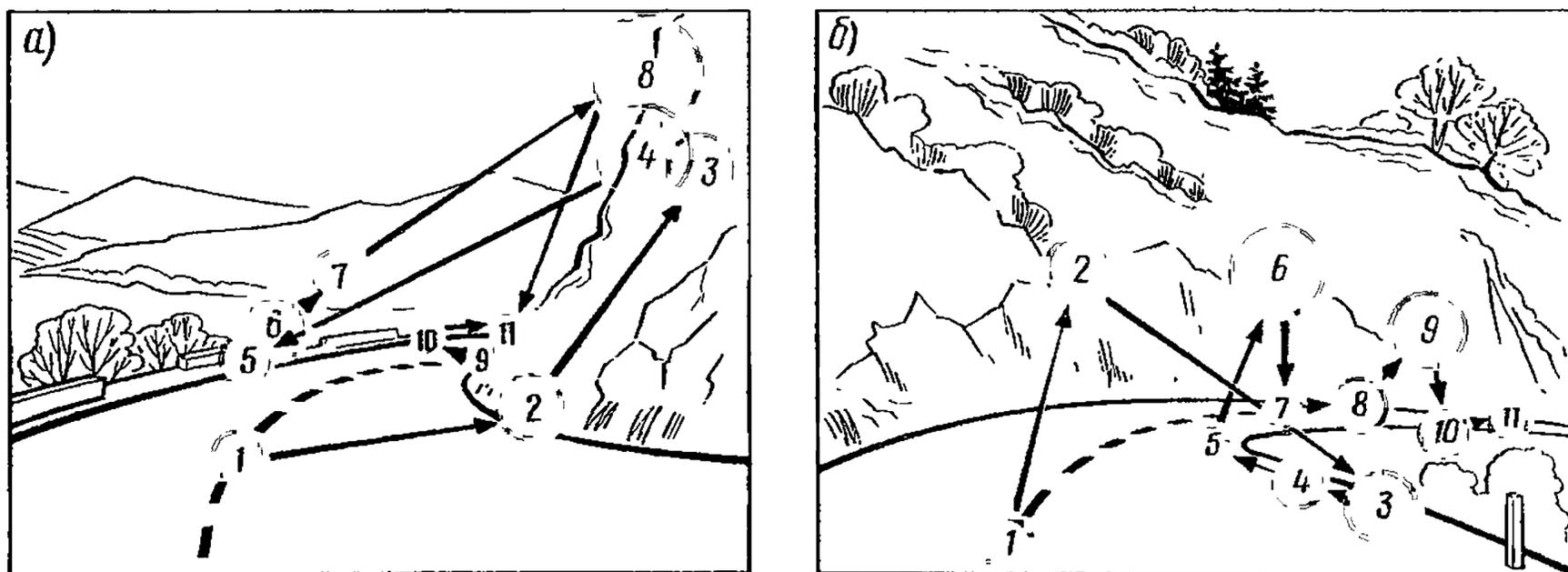


Рис. 2.1. Перемещение взгляда водителя при проезде кривых в плане на горных дорогах (по опытам В. В. Варлашкина):

*а* — выпуклая кривая; *б* — вогнутая кривая; номера точек соответствуют последовательности сосредоточения взгляда водителя, диаметры кружков — его относительной продолжительности

придорожной полосе, пролетающие над дорогой самолеты, горные вершины на горизонте и др.

В процессе движения взгляд водителя скачкообразно перебрасывается с одного объекта на дороге и придорожной полосе на другой, как бы выделяя опорные точки, вырисовывающие пространственный коридор, по которому он ведет автомобиль (рис. 2.1). Ими являются края проезжей части и земляного полотна, линии разметки и осевой шов бетонных дорожных покрытий, ряды придорожных насаждений, нависающие над дорогой скалы, дорожные знаки, встречные автомобили и др. При выборе объекта в первую очередь взгляд водителя останавливается на предметах более ярких и расположенных на пути следования автомобиля, особенно на проезжей части и обочинах дороги.

Количество объектов, которые водитель может различить и зафиксировать в своем сознании, ограничено продолжительностью времени, необходимого для восприятия отдельных раздражителей его органами чувств. Для каждого из них существует пороговая величина, зависящая от эмоционального напряжения человека. В среднем для зрения она равна  $1/10$  с, для слуха —  $1/20$  с, для мускульной реакции на толчки и тряску —  $1/5$  с. Более частые воздействия, сливаясь, воспринимаются органами чувств как непрерывные процессы — мелькание в глазах, гул, вибрация. Обычно водитель в каждый момент времени сосредоточивает свое внимание только на одном конкретном явлении, получая о других, одновременно происходящих, только самое общее представление.

При возрастании скорости взгляд водителя охватывает все меньшую ширину дорожной полосы и сосредоточивается на большем удалении автомобиля (рис. 2.2). Сужение зоны сосредоточения внимания водителей повышает опасность наезда на неожиданно

появляющихся на дороге с придорожной полосы пешеходов или животных.

При свободном движении одиночных автомобилей, характерном для малой интенсивности, водители движутся со скоростью, при которой плотность объектов близка к оптимальной для их восприятия. При монотонности дорожных условий — малой плотности или однообразии объектов, привлекающих внимание, например при движении по длинному прямому участку в открытой степной местности или по однородной лесной просеке, поступающее к водителю количество информации меньше, чем необходимо для поддержания его активности. Наступает «сенсорный голод», по терминологии инженерной психологии. Острота восприятия водителем окружающей обстановки снижается, мысли рассеиваются или переключаются на события, не имеющие отношения к движению по дороге и отвлекающие водителя. Водитель начинает ощущать повышенную утомляемость, своеобразное дремотное состояние, граничащее со сном — «дорожный гипноз», характерное заторможенное состояние высшей нервной деятельности. Возникновению его способствует, наряду с укачивающими колебаниями автомобиля, гипнотизирующее действие на водителя вида набегающей светлой полосы бетонного покрытия и белых линий разметки на асфальтобетоне, бликов на капоте автомобиля. Продолжительность реакции водителя увеличивается, а надежность работы снижается. Самое незначительное осложнение условий движения может явиться причиной дорожно-транспортного происшествия. Такой характер воздействий особенно типичен для водителей грузовых автомобилей.

В сознании водителя при движении происходит непрерывная смена картин. В зависимости от дорожной обстановки, частоты встреч и обгонов, ландшафта местности количество объектов сосредоточения внимания — раздражителей — меняется. Основное внимание сосредоточивается на полотне дороги, дополняясь событиями на прилегающей дорожной полосе. Распознавание объектов в поле зрения происходит как бы в два этапа, начинаясь с бег-

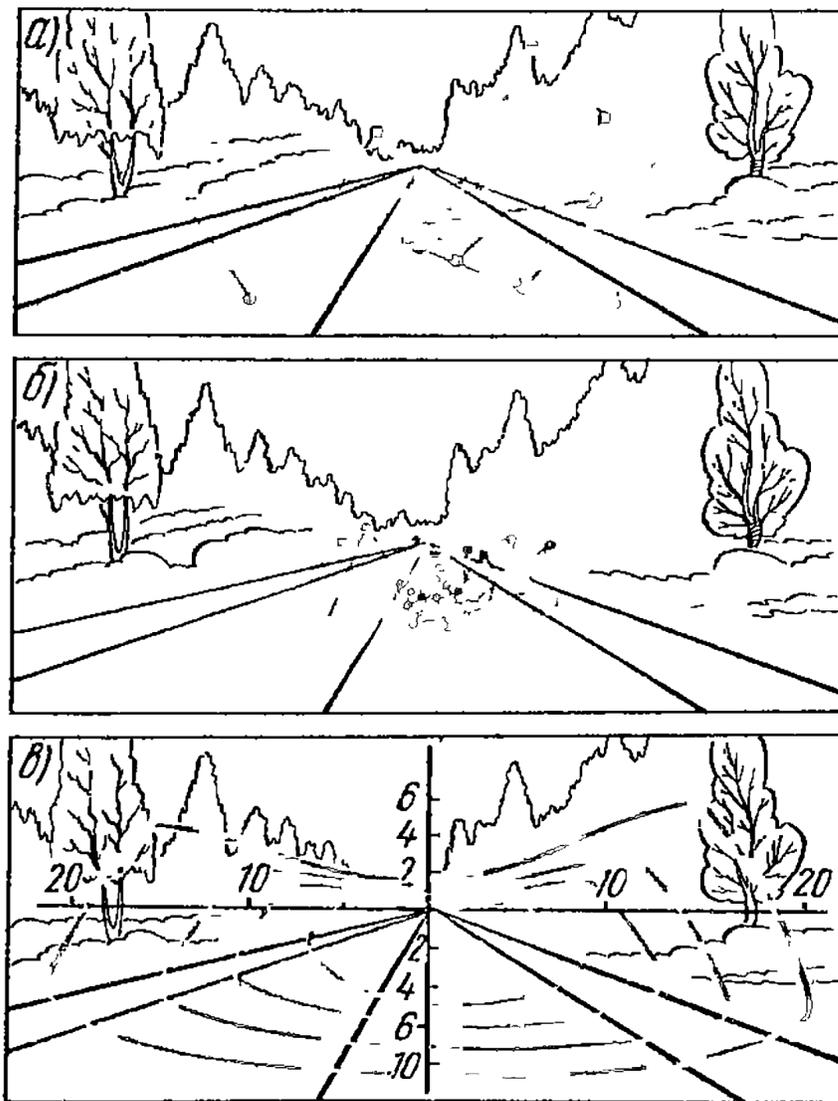


Рис. 2.2. Точки сосредоточения взгляда водителя за период в 3 мин при проезде по дороге с разными скоростями (по опытам Е. М. Лобанова): а — 20 км/ч; б — 80 км/ч, в — зоны, охватываемые взглядом; цифры на сетке координат характеризуют отклонения точек от взгляда водителя, направленного вдоль дороги, в градусах

лого их осмотра. Выполняя предварительную их оценку, водитель начинает более детальное распознавание объектов, сосредоточиваясь затем на более важных из них, пока не опознает их на 70—80%.

Органы чувств водителя дают ему возможность в каждый момент времени воспринять ограниченное количество факторов. Считается, что в открытой местности водители фиксируют явления, происходящие перед ними, в зоне до 600 м, на городской улице — от 50 до 100 м.

Если в пределах зоны  $L$ , охватываемой в какой-то момент времени взглядом водителя, находится  $M$  объектов, которые могут привлечь его внимание, то осознать из них водитель может только  $L/vt$ , где  $t$  — среднее время, необходимое для распознавания одного объекта;  $v$  — скорость движения автомобиля. При возрастании скорости количество осознаваемых объектов уменьшается.

Для каждого водителя существует оптимальная плотность объектов внимания, характеризуемая продолжительностью времени, которое ему необходимо для их распознавания и оценки значимости. При оптимальной плотности и разнообразии объектов внимание водителей активизируется. При перегрузке информацией внимание рассеивается, и водитель не замечает существующих элементов, например, знаков.

При движении по дороге с различными скоростями число объектов, попадающих в поле зрения водителя в единицу времени, тем больше, чем выше скорость. Водитель непроизвольно реагирует на изменение поступающей информации изменением зоны сосредоточения своего взгляда или избирательным отношением к поступающей информации.

Часть водителей стремится довести количество получаемой информации до оптимального увеличением скорости движения. Однако в однообразной степной местности при отсутствии расположенных рядом с дорогой предметов водителям трудно точно оценить развитую скорость, которая нередко достигает опасного значения.

Чрезмерная плотность событий, привлекающих внимание водителей, — «перегрузка информацией», количество которой превышает пропускную способность анализаторов человека, приводит к своеобразному «отказу» — недоучету значения того или иного раздражителя и, как следствие, к неправильным действиям, ведущим к дорожно-транспортному происшествию.

Трудные условия создаются при движении автомобиля в составе насыщенного транспортного потока, когда из-за сложности или даже невозможности осуществления обгона все водители должны ехать со сложившейся в потоке скоростью, которая может не соответствовать их опыту, психологическим особенностям и степени утомления. Следуя в составе «пачки» или колонны автомобилей на минимальном расстоянии от впереди идущего автомобиля в более сложных условиях, чем оптимальные для него, водитель,

ориентируясь в большей степени на маневры идущих впереди автомобилей, чем на изменение трассы дороги, имеет ограниченное время для принятия решений. При этом существует риск совершить ошибку, которая приведет к происшествию. Наблюдения показали, что, следуя по одной и той же дороге при одиночном движении в течение 1 мин, водитель в 1,5 раза чаще бросал взгляд на знаки, чем при колонном движении, и в 2,7 раза на кромку проезжей части.

Если придорожные ландшафты и проложение трассы в плане однотипны на большом протяжении, у водителей вырабатывается определенная последовательность движения, с которой они свыкаются, а их внимание притупляется. Однообразный ритм движения вызывает автоматизм операций управления автомобилем. Изменение дорожных условий воспринимается водителями как дополнительная трудность.

Детальный анализ обстановки возникновения дорожно-транспортных происшествий показывает, что в 70% случаев скорости в месте возникновения происшествий и в 500 м перед ним были практически одинаковы, т. е. водители, подъезжая к опасному месту, не снижали скорости. Происшествия явились результатом того, что в меняющихся дорожных условиях водители своевременно не изменили режим движения.

Таким образом, признаком опасных мест является не столько значительное осложнение дорожных условий, сколько необходимость часто неожиданного для водителя изменения режимов движения транспортных потоков по сравнению с предшествующими участками. Это подтверждается тем, что на многих участках горных дорог со сложной и трудной трассой, создающей у водителей понимание ее опасности, относительное количество происшествий на 1 млн авт-км меньше, чем на дороге с более легкой трассой.

Опасность участков дороги определяется не абсолютной величиной геометрических элементов их трассы или состояния дорожного покрытия, а их отличием от характеристик предшествующих участков, вызывающим необходимость резкого изменения режима движения.

## **2.2. Эмоциональная напряженность водителей при движении по дороге**

Изменение условий проезда на разных участках дороги или их осложнение в связи с увеличением интенсивности движения и тем более при неправильных действиях других водителей или пешеходов немедленно отражается на нервно-психическом состоянии водителя и степени его эмоциональной напряженности. Это вызывается усложнением ведения автомобиля, необходимостью преодоления «психологической инерции» при изменении стереотипа ритма

Таблица 2.1

Показатель	Относительные характеристики напряженности					
	Сенсорный голод	Недогрузка	Оптimum нагрузки	Повышенная нагрузка	Перегрузка	Запретельная напряженность
Надежность работы, %	60	85	100	85	60	—
Частота пульса	0,85	0,9	1	1,15	1,25	> 1,3
Кожно-гальваническая реакция	0,16	0,40	1	1,9	2,9	> 3,3
Частота фиксаций	0,4	0,7	1	1,2	1,4	> 1,7
Частота дыхания	0,8	0,9	1	1,35	1,35	> 1,4

движения, выработавшегося на предыдущих участках, воздействием неожиданных маневров других автомобилей, уменьшением расстояния видимости. Особенно опасен переходный период, когда водитель изменяет скорость своего автомобиля, приспособляясь к условиям движения на новом участке дороги.

Изменение условий движения сопровождается рядом внешних проявлений нервно-психических процессов, возникающих в организ-

Таблица 2.2

Коэффициент поперечной силы	Условия движения по кривой	Относительное изменение кожно-гальванической реакции
0,10	Пассажир, не смотрящий на дорогу, не может различить, едет он по прямому участку или по кривой. Водитель не ощущает никакого напряжения	1
0,15	Пассажир слегка ощущает движение по кривой, не ощущая никаких неудобств. Напряжение для водителя, связанное с проездом кривой, невелико и увеличивается с ростом скорости прямо пропорционально росту коэффициента поперечной силы, не вызывая напряжения	1,05—1,10
0,20	Проезд по кривой явно ощущается пассажиром, но не вызывает никаких неудобств. Большинство водителей ощущают напряженность	1,10—1,20
0,25	Движение по кривой неприятно для 40% пассажиров и водителей. Кожно-гальваническая реакция свидетельствует о заметном повышении нервно-эмоциональной напряженности водителей	1,20—1,40
0,30	Проезд по кривой неприятен как для пассажиров, так и для большинства водителей	1,50
0,35	Проезд по кривой становится очень неприятным, связанным с резким возрастанием эмоциональной напряженности водителей и опасностью заноса автомобиля при влажном покрытии	—

ме водителя, — изменением частоты пульса и дыхания, частотой перемещения взгляда водителя с одних объектов на другие, изменением электропроводности кожи (кожно-гальваническая реакция — сокращенно КГР).

Используемые при исследованиях показатели состояния водителей хорошо отражают изменения нервно-эмоциональной напряженности водителей. В табл. 2.1 приведены средние относительные значения разных показателей при различной степени напряженности, выраженные в долях оптимальной напряженности, соответствующей максимальной надежности работы водителя.

На рис. 2.3 показан пример записи некоторых физиологических показателей водителя при проезде кривой радиусом 600 м. Скорость въезда 57 км/ч превышала необходимую для спокойного и уверенного проезда кривой. Возбуждение водителя проявилось в немедленном возрастании частоты пульса и изменении электропроводности кожи, характеризующих повышение эмоциональной напряженности. Притормаживание автомобиля и снижение скорости до 40 км/ч, что соответствовало значению коэффициента безопасности 0,70, привело к возвращению психофизиологических показателей к их первоначальным значениям, характерным для водителя при спокойной, уверенной работе.

Организм водителей чутко реагирует на изменение дорожных условий. Чем меньше элемент трассы, например радиус кривой в плане, тем сильнее возрастает эмоциональная напряженность води-

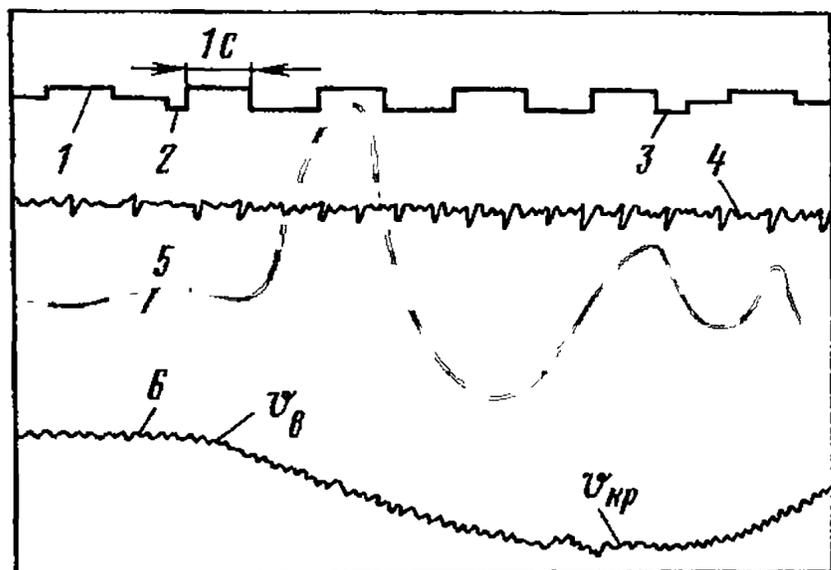


Рис. 2.3. Осциллограмма изменения нервно-психической напряженности водителя при проезде кривой малого радиуса:

1 — время; 2 — момент въезда на кривую; 3 — отметки момента проезда середины кривой; 4 — частота пульса; 5 — амплитуда кожно-гальванической реакции; 6 — скорость движения автомобиля

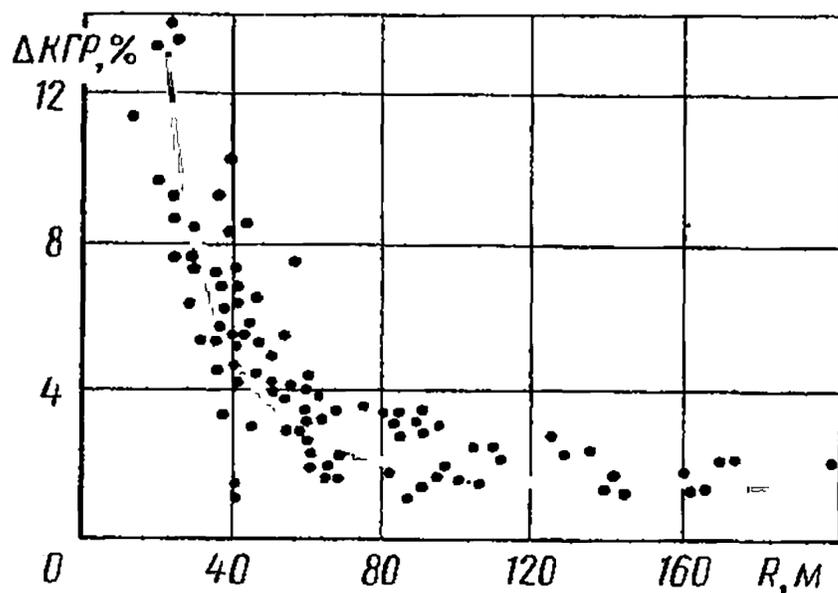


Рис. 2.4. Относительное увеличение кожно-гальванической реакции (КГР) при въезде на кривые разных радиусов

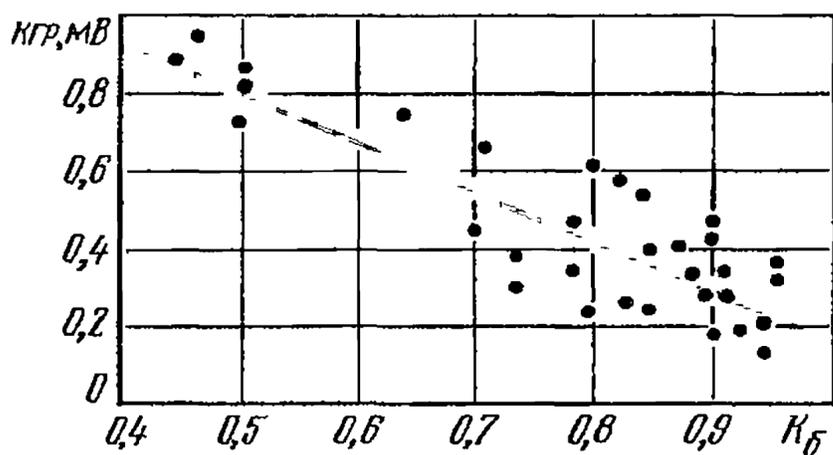


Рис. 2.5. Относительное изменение характеристик нервно-эмоциональной напряженности водителей при проезде участков дороги с различным коэффициентом безопасности (по опытам Е. М. Лобанова)

телей. На рис. 2.4 показан прирост кожно-гальванической реакции (КГР) в процентах от ее значения на прямых участках при въездах со скоростью транспортного потока, кривые малого радиуса, а на рис. 2,5 — связь КГР и коэффициента безопасности.

Зависимость между условиями движения и нервно-психической напряженностью водителей можно представить по данным табл. 2.2, в которой сопоставлены боковые усилия, действовавшие на водителей при проезде кривой, и относительные изменения величины их КГР. Центробежную силу, действовавшую на водителей при проезде кривой, характеризовали коэффициентом поперечной силы — отношением к весу автомобиля суммы проекций центробежной силы и веса автомобиля на линию поперечного уклона покрытия.

При проезде дороги с часто и резко меняющимися параметрами трассы внезапные возрастания эмоциональной напряженности повторяются неоднократно (рис. 2.6). Внешне они протекают незаметно. Но, накапливаясь, эмоциональная напряженность снижает способность водителей быстро реагировать на изменение обстановки движения, следствием чего могут быть ошибки, приводящие к дорожно-транспортным происшествиям.

Процент происшествий возрастает с увеличением продолжительности пребывания за рулем во время рабочей смены. По наблюдениям В. В. Чванова и С. С. Петросяна, он составляет:

Продолжительность пребывания за рулем, ч . . . . .	2	2—4	4—8	8—12	12
Процент происшествий, % . . . . .	8,2	10,0	23,2	24,5	34,1

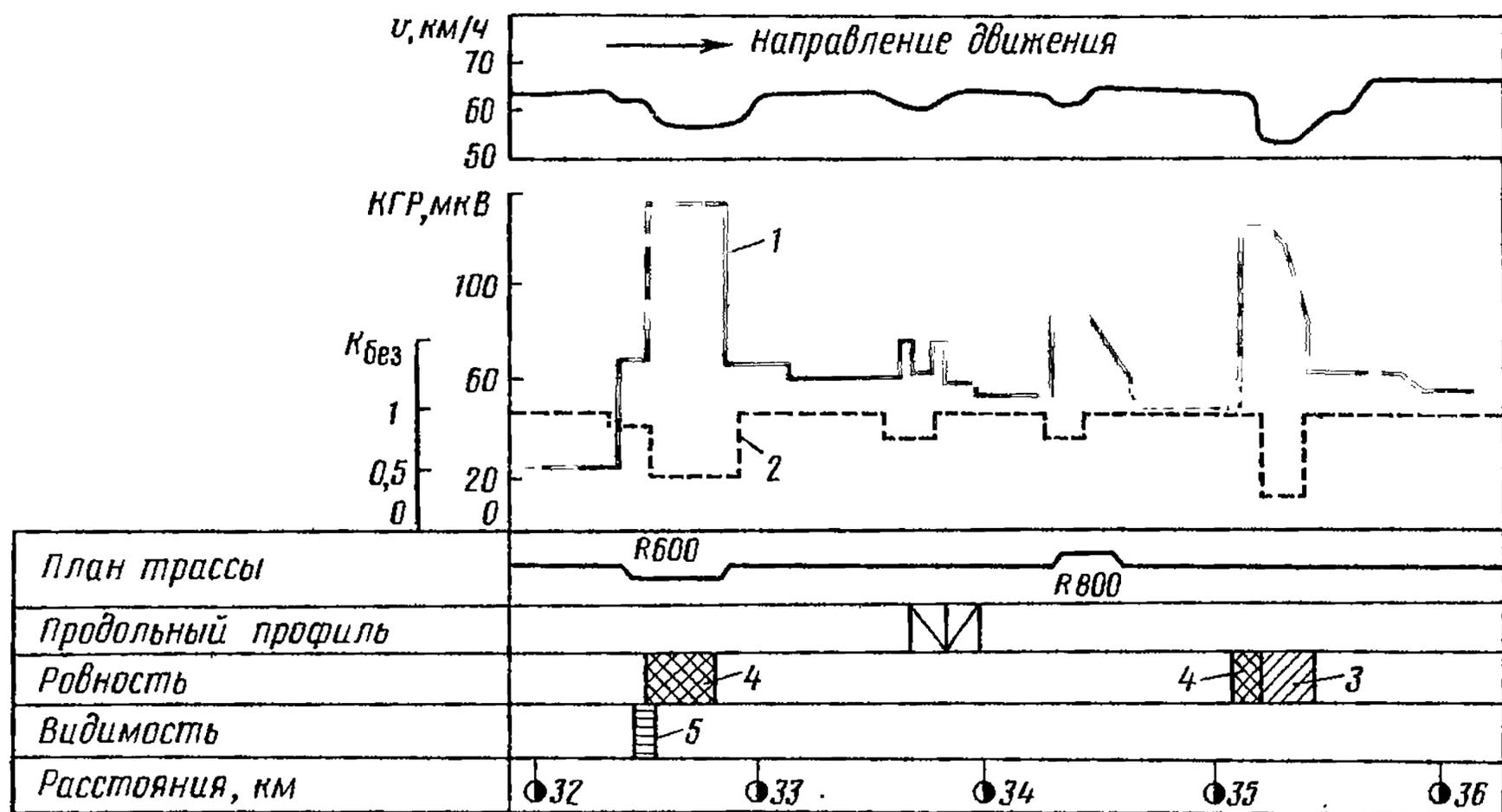


Рис. 2.6. Изменения нервно-психической напряженности водителя при проезде по участку дороги с меняющимся по элементам плана и продольного профиля:

1 — изменение кожно-гальванической реакции; 2 — изменение коэффициента безопасности; 3 — участок с небольшими неровностями покрытия; 4 — участок очень неровного покрытия; 5 — участок ограниченной видимости

Характеристика участка	Коэффициент безопасности	Эмоциональная напряженность
Безопасный	0,9	Оптимальная
Мало опасный	0,65—0,9	Повышенная
Опасный	0,5—0,65	Перегрузка
Очень опасный	0,46	Запредельно напряженная

Возрастание эмоциональной нагрузки водителей при проезде трудных для проезда и опасных мест соответствует местам резкого снижения средней скорости транспортных потоков и, следовательно, уменьшения коэффициента безопасности. При плавном логическом сочетании элементов трассы дороги и постепенной, нерезкой смене ландшафта придорожной полосы скорость движения по дороге изменяется в малых пределах, а нервно-эмоциональная нагрузка водителей существенно снижается, оставаясь оптимальной в отношении внимательности и активности водителей и продолжительности их реакции. Движение безопаснее, а управление автомобилем менее утомительно.

Характерна связь между нервно-эмоциональной напряженностью водителей и коэффициентом безопасности при смене дорожных условий (табл. 2.3).

Таким образом, установленные в нормах значения коэффициентов безопасности (см. § 1.5) предусматривают несколько повышенную напряженность водителей при движении.

Дальнейшее совершенствование методов проектирования дорог и их оборудования должно быть направлено на обеспечение безопасности движения не только с позиций механической устойчивости автомобилей, как было до сих пор, но и на соблюдение требований оптимальной нервно-эмоциональной нагрузки водителей.

### **2.3. Пути предотвращения происшествий, связанных с дорожными условиями**

Изменение скоростей транспортных потоков в местах сосредоточения происшествий, связанных с дорожными условиями, показывает, что для их предотвращения необходимы мероприятия, обеспечивающие плавное изменение скорости и устранение причин возникновения в этих местах внутренних помех. Может быть проведена аналогия с движением водных потоков в открытых руслах, согласно которой следует так рассчитывать и располагать все элементы дороги, чтобы по возможности устранить в транспортном потоке возникновение турбулентности (частых обгонов), застоев

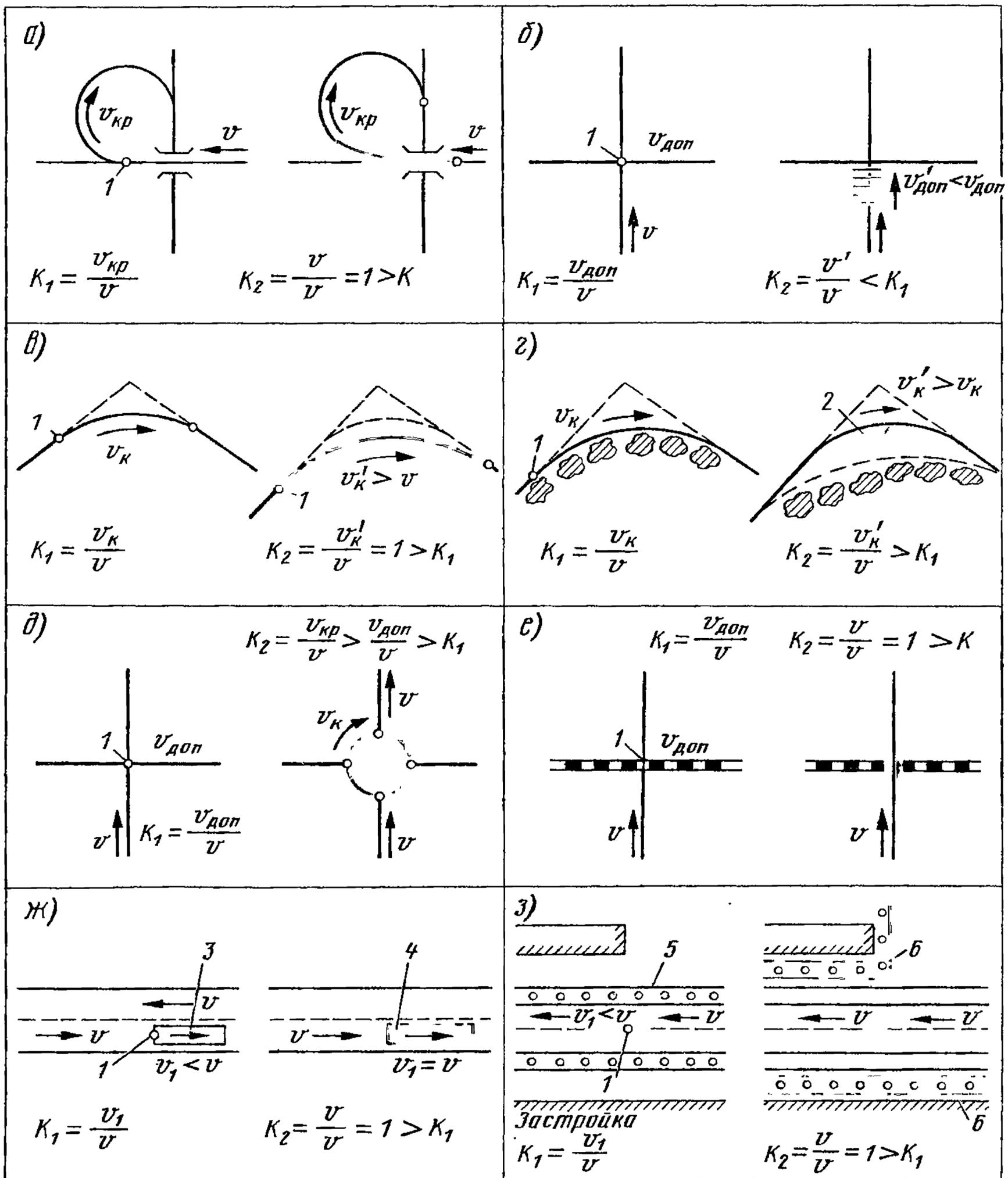


Рис. 2.7. Изменение коэффициента безопасности при проведении мероприятий по регулированию скорости движения:

а — устройство переходно-скоростных полос; б — устройство трясущих полос перед переездом; в — увеличение радиуса кривой; г — увеличение видимости на кривой вырубкой деревьев; д — устройство кольцевой развязки на пересечении; е — постройка путепровода через железную дорогу; ж — устраивание неровного или скользкого участка покрытия; з — устройство тротуара в населенном пункте; 1 — место снижения скорости; 2 — срезка видимости; 3 — неровное или скользкое покрытие; 4 — отремонтированное покрытие; 5 — пешеходы на обочинах; 6 — тротуары

(заторов) и подпора (резкого сосредоточения дистанции между автомобилями в процессе снижения скорости).

Этим целям может способствовать ряд мероприятий, примеры которых показаны на рис. 2.7.:

выравнивание эпюры скоростей по протяжению дороги — повышение скоростей путем реконструкции мест, где скорости существенно снижаются, и ограничение скоростей на опасных участках;

обеспечение пространства, необходимого для маневров автомобилей и уверенного ведения автомобиля по дороге (видимость в плане, продольном профиле и на придорожной полосе, уширение проезжей части в кривых малого радиуса и в конце спусков, устройство обгонных прямых участков при извилистой трассе);

обозначение трассы дороги для водителей — общего ее направления за пределами непосредственной видимости и разметка на проезжей части полос пути движения.

В зависимости от местных условий для достижения этих целей могут предусматриваться следующие мероприятия:

перестройка опасных участков дороги — изменение элементов плана, продольного и поперечного профилей, вызывающих снижение скоростей и создающих помехи для движения (увеличение радиусов кривых, расчистка придорожной полосы для увеличения видимости, смягчение продольных уклонов, уширение проезжей части, перестройка узких мостов, постройка объездов населенных пунктов);

разделение транспортного потока на группы, следующие по самостоятельным полосам движения с разными скоростями (местное и транзитное движение в населенных пунктах), когда часть потока в определенном месте дороги изменяет скорость движения (переходно-скоростные полосы на подходах к пересечениям дорог), а также в местах, где резко проявляется различие в динамических качествах автомобилей разных типов (затяжные подъемы в сильно пересеченной и горной местностях);

использование мер пассивного регулирования движения — разметка проезжей части, устройство пересечений в одном уровне с направляющими островками.

### **Контрольные вопросы**

1. Как отражается скорость движения на оценке водителями обстановки на дороге и придорожной полосе?
2. Каковы причины повышенного количества дорожных происшествий на длинных прямых участках дорог в однообразном ландшафте?
3. Как отражается на величине нервно-эмоциональной напряженности водителей движение по дороге с резко меняющимися характеристиками трассы?
4. Как можно оценить степень нервно-эмоционального состояния водителя?
5. Охарактеризуйте возможные пути улучшения условий движения на опасных участках дороги.

## **УЧЕТ ТРЕБОВАНИЙ БЕЗОПАСНОСТИ ДВИЖЕНИЯ В НОРМАХ НА ПРОЕКТИРОВАНИЕ ДОРОГ**

### **3.1. Роль составляющих комплекса дорога — автомобиль — водитель в безопасности движения**

При строительстве новых дорог в проектах предусматривают обеспечение безопасности при движении с расчетной скоростью, зависящей от категории дороги, т. е. фактически от расчетной интенсивности движения. При разработке Строительных норм и правил на проектирование дорог учитывают три фактора — условия строительства, транспортные средства и особенности водителя, обычно называемые в литературе комплексом дорога (Д) — автомобиль (А) — водитель (В). Фактически, как следует из приведенной на рис. 3.1 схемы, количество взаимосвязанных факторов, влияющих на безопасность движения, значительно больше. Обычно считается, что влияние оптимальных условий отражается через слагающие комплекса. Четвертый, иногда выделяемый фактор — окружающая среда, пока еще учитывается не в полной мере, так как нормативы на элементы трассы обосновывают для благоприятного состояния проезжей части и хорошей погоды.

Предполагается, что на изменение этих условий водитель должен реагировать соответствующим уменьшением скорости, а дорожно-эксплуатационные организации в процессе текущего содержания — устранять или смягчать их влияние, очищая дорогу от грязи и снега, удаляя гололед.

Роль слагающих этого комплекса в обеспечении безопасного движения пока еще не равнозначна. Дорожная сеть каждой страны складывалась в течение веков. При постройке каждой дороги учитывали требования существовавшего в то время транспорта. В процессе последующей службы дорог совершенствовались типы дорожных одежд при ремонтах, но первоначальное проложение дорог обычно изменялось в малой степени. Трасса очень многих дорог остается практически неизменной с постройки, если не считать устраиваемых после Великой Отечественной войны на дорогах с интенсивным движением объездов городов. Первоначальная ошибка в выборе трассы дороги закреплялась навечно, так как полоса местности около новой дороги застраивалась. Если для новых дорог выбирают трассу, обеспечивающую перевозки с расчетными скоростями, то для многих старых дорог возникает другая задача — исходя из размера их элементов устанавливать допустимые скорости и режимы движения, информируя о них водителей дорожными знаками.

Влияние дороги на безопасность движения имеет две составные части — постоянную, определяемую геометрией трассы и земляного полотна, и переменную, зависящую от непрерывно изменяющихся природных факторов, климатических условий, времени года и суток. Дорога влияет на условия движения через элементы ее трассы, качество покрытия и создаваемое у водителей представление о необходимом режиме движения. При правильном выборе и удачном сочетании элементов трассы дорога может «вести» автомобиль, облегчая надлежащим выбором параметров переходных кривых и поперечного уклона виражей прохождение криволинейных участков, а также косвенно психологически подсказывая водителям направление дальнейшего движения за пределами зоны непосредственной видимости. Рационально запроектированная дорога — один из путей создания водителям благоприятных условий работы. В большинстве случаев достижение этого требует дополнительных работ при строительстве и связано с увеличением затрат. Поэтому в практике проектирования, которое часто ведут специалисты, малоосведомленные в закономерностях движения транспортных потоков и о процессах возникновения дорожных происшествий, желание достигнуть минимума земляных работ заставляет проектировщиков не обращать внимания на обеспечение внутреннего единства и логичности проложения трассы дороги на местности.

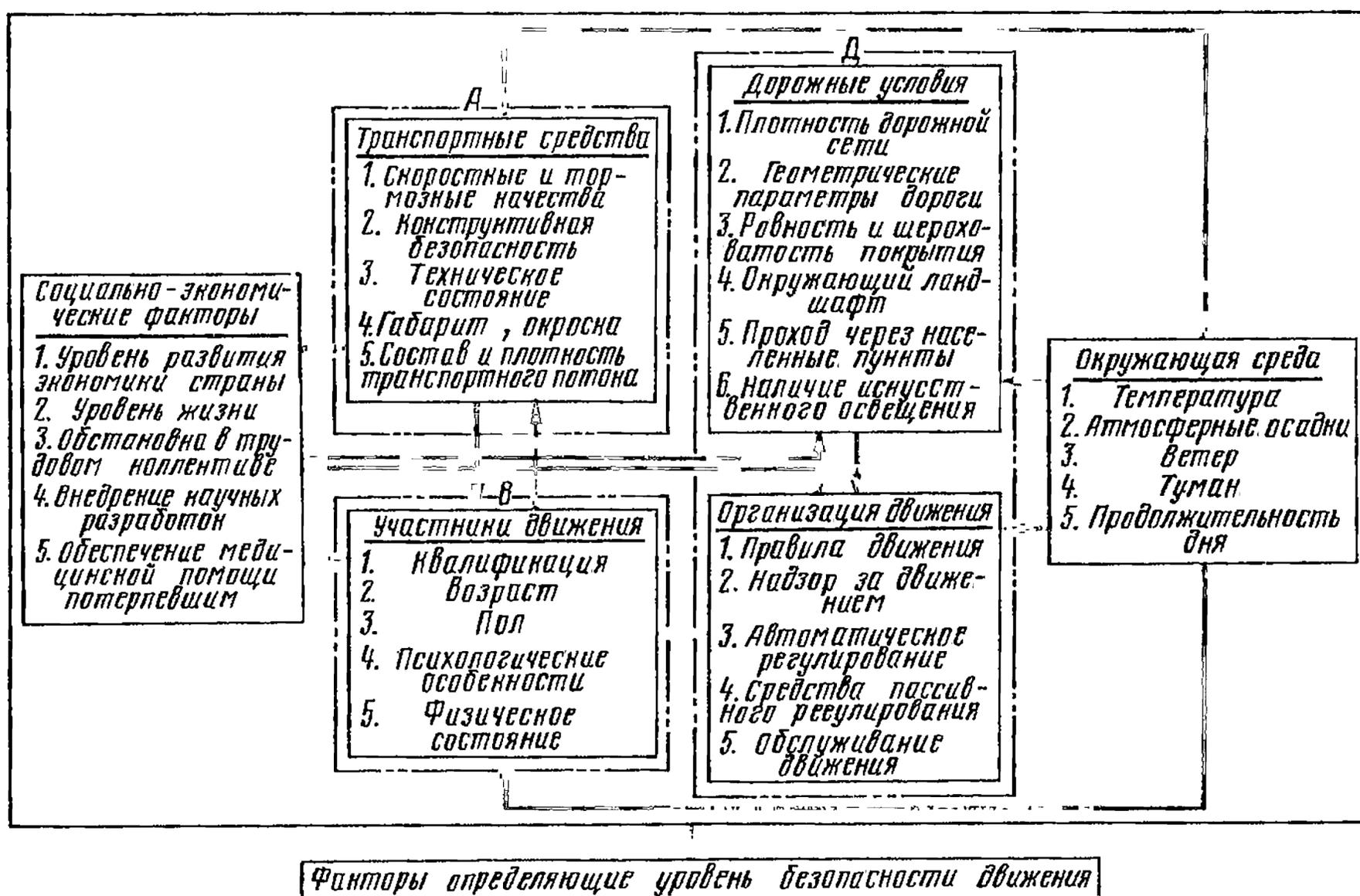


Рис. 3.1. Взаимная связь факторов, влияющих на безопасность движения

В связи с большой консервативностью дороги ее роль в комплексе автомобиль — дорога — водитель пассивна.

По мере роста интенсивности движения и появления транспортных средств новых поколений, обычно более грузоподъемных и с более мощными двигателями, постепенно возрастает разрыв между транспортными качествами дороги и требуемым движением. Чем в большей степени технические условия на проектирование предугадывают тенденции развития транспортных средств, тем дольше дорога будет удовлетворять требованиям перевозок, не нуждаясь в реконструкции. Правильное назначение нормативов на элементы трассы как бы резервирует длительность срока нормальной службы дороги.

Влияние автомобиля на безопасность движения определяется совершенством его тяговых и тормозных качеств, способностью быстрого торможения без заноса, а также особенно важной для современных автобусов и большегрузных автомобилей возможностью вписываться в кривые малых радиусов на горных дорогах, а для автопоездов — следовать в пределах своей полосы движения на проезжей части. Отдельные конструктивные особенности автомобилей, например недостаточная управляемость и большой увод шин, могут повысить опасность дорожно-транспортных происшествий.

Наиболее активен в комплексе водитель. Правильной оценкой дорожных условий и своевременным изменением режима движения он может как бы корректировать проектные решения. Снижая скорость движения, он повышает устойчивость автомобиля на кривых малых радиусов. Наоборот, попытка изменить дорожные условия, например заезд на полосу встречного движения на кривых в целях увеличения радиуса поворота на горных дорогах повышает при ограниченной видимости риск дорожно-транспортного происшествия (рис. 3.2). Однако характеристики принимаемых водителями режимов движения для учета в теории проектирования дорог весьма осреднены — миллионы водителей отличаются друг от друга квалификацией и индивидуальными психологическими особенностями. При разработке норм на проектирование дорог в схемах маневров автомобилей используют параметры режимов движения, определенные по данным наблюдений методами математической статистики.

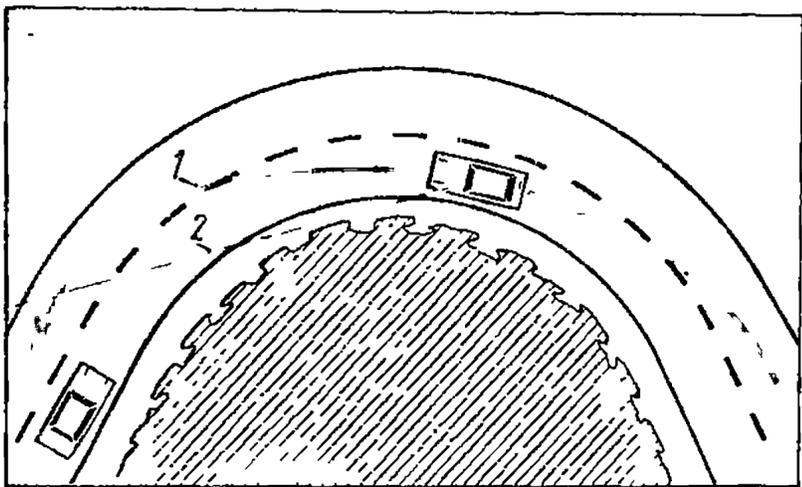


Рис. 3.2. Повышенный риск дорожно-транспортного происшествия при проезде кривой малого радиуса с заездом на полосу встречного движения:

1 — траектория движения автомобиля;  
2 — линия ограничения видимости

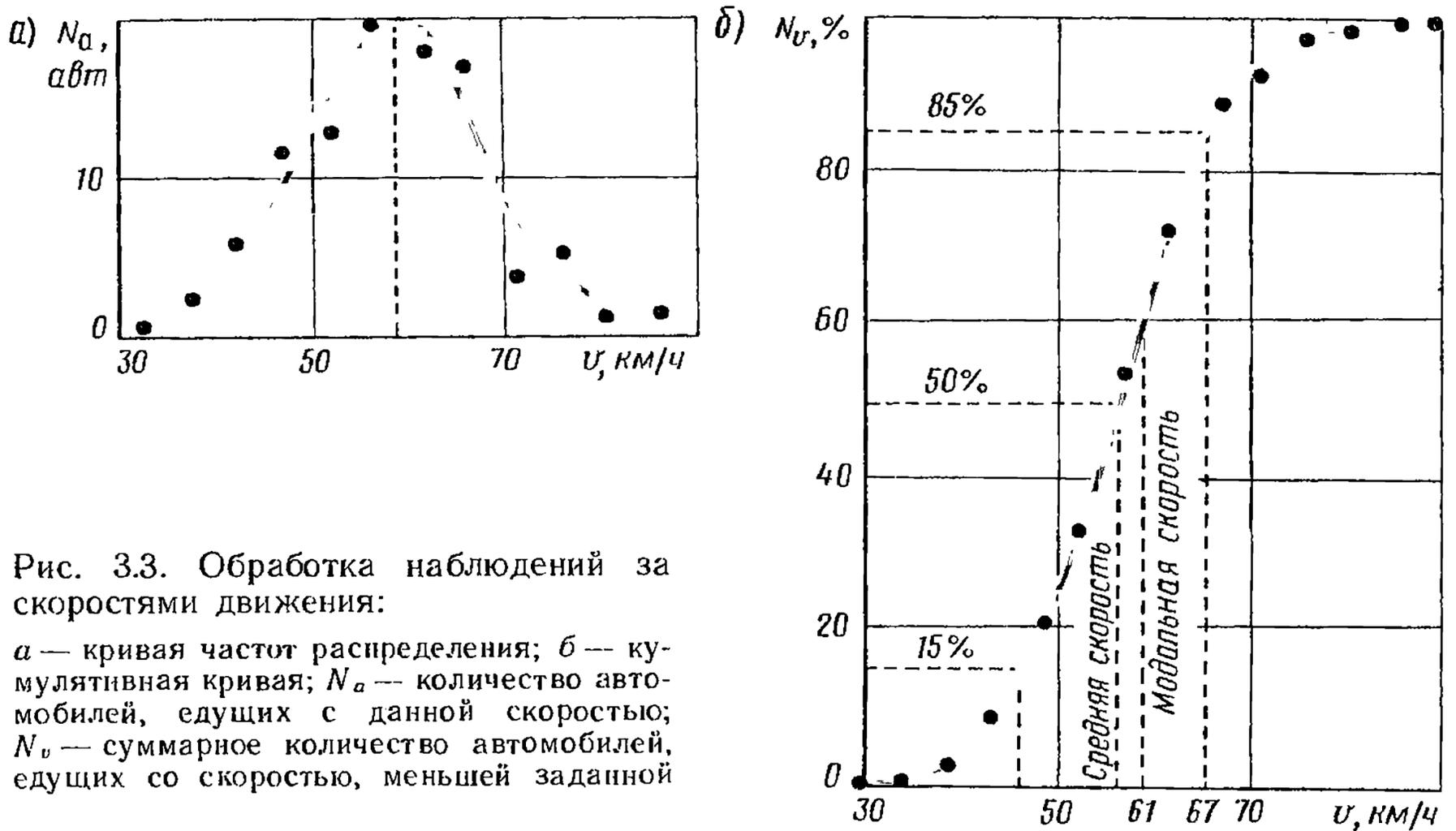


Рис. 3.3. Обработка наблюдений за скоростями движения:

*a* — кривая частот распределения; *б* — кумулятивная кривая;  $N_a$  — количество автомобилей, едущих с данной скоростью;  $N_v$  — суммарное количество автомобилей, едущих со скоростью, меньшей заданной

Обычно при оценке характерных скоростей движения по какому-либо участку дороги, учитывая очертание кумулятивных кривых, показывающих, какой процент транспортных средств движется со скоростями, меньшими заданной, исходят из обеспеченности 85—90% (рис. 3.3). Наиболее типичная для участка модальная скорость, с которой едет наибольшее количество транспортных средств, соответствует точке перегиба кривой. Верхний изгиб кумулятивной кривой отсекает наиболее быструю группу автомобилей, в число которой входят автомобили, нарушающие требования безопасности движения. Ориентирование на режимы движения этой группы автомобилей существенно повысило бы требования к трассе дороги и вело бы к увеличению стоимости их строительства. Тем самым эти водители обрекаются на медленное, по их мнению, движение. Изгиб в нижней части кривой характеризует группу относительно медленно едущих транспортных средств (грузовые автомобили с прицепами, тракторы на резиновых шинах), с обеспеченностью 10—15%. Чтобы на участках подъемов они не снижали общую скорость транспортного потока, рекомендуется устраивать дополнительную полосу движения на проезжей части.

Дороги рассчитывают на нормальные условия работы основной массы водителей, обеспечивая им известный запас удобства и безопасности и заставляя подчиняться своему положению остальных участников движения.

Таким образом, требования к безопасности движения в нормах на проектирование дорог обеспечиваются соответствием режимов движения, заложенных в расчетные схемы для определения элементов плана, продольного и поперечного профилей, условиям управления автомобилями основной массой водителей.

### 3.2. Обоснование расчетных скоростей движения

По всем дорогам происходит движение разнотипных автомобилей. Технические качества дорог — типы одежд и покрытий, размеры элементов плана, продольного и поперечного профилей — у них также различны. При постройке новых дорог расчетные скорости движения по ним, а следовательно, и размеры геометрических элементов их трассы принимают в зависимости от перспективной интенсивности движения. Например, для минимальных радиусов кривых в плане при равнинном и слабо холмистом рельефах Строительные нормы и правила 1985 г. допускают следующие значения:

Перспективная интенсивность движения, авт/сут	100	1000	3000	7000	7000
Категория дороги . . . . .	V	IV	III	II	I
Расчетная скорость, км/ч . . . . .	60	80	100	120	150
Минимальный допустимый радиус кривой, м . . . . .	150	300	600	800	1200

На дорогах, строившихся до 50-х годов, допускались меньшие элементы трассы. Повышенная опасность этих дорог заключается в том, что на большинстве дорог, кроме V категории, устраивают дорожные одежды облегченного и переходного типов с применением битума, которые для неспециалиста имеют одинаковый внешний вид. Подавляющая масса водителей даже не знает о существовании категорий дорог и развивает те скорости, которые, по их мнению, можно реализовать на дороге. Чем ниже техническая категория дороги, тем больший процент водителей движется с повышенным риском происшествия.

В целях повышения безопасности движения и транспортно-эксплуатационных качеств дорог п. 4.20 Строительных норм и правил «Автомобильные дороги» 2.05.02-85 рекомендует на дорогах всех категорий применять нормативы элементов трассы, даже превышающие требования к нормативам на дороги I категории. Но на практике это выполняется крайне редко, так как ведет к некоторому удорожанию строительства. Чем выше расчетная скорость движения по дороге, тем меньше должны быть на ней продольные уклоны, больше радиусы кривых в плане и продольном профиле и ровнее покрытие. Это всегда связано с возрастанием объема работ, а следовательно, и с увеличением стоимости строительства. Для условий России, если принять за единицу

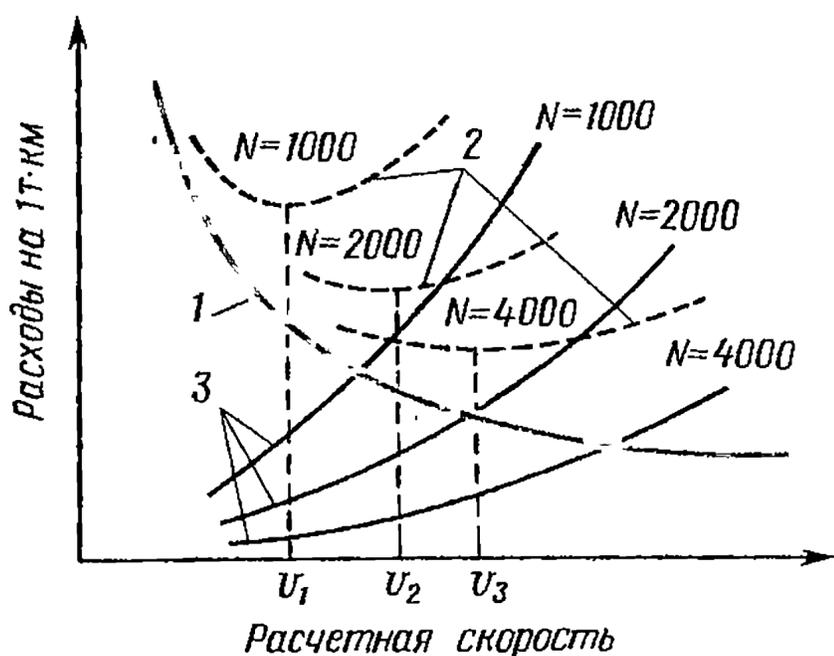


Рис. 3.4. Схема для обоснования значений предельных продольных уклонов: 1 — строительные расходы на один прошедший автомобиль за срок окупаемости; 2 — суммарные расходы, 3 — эксплуатационные расходы на один автомобиль

стоимость постройки дороги IV категории в равнинной местности, относительная стоимость дорог в других условиях будет составлять:

Категория . . . . .	IV	III	II	I
Относительная стоимость постройки в местности:				
горной . . . . .	2,4	4	7	—
холмистой . . . . .	1,3	2,6	4,6	10
равнинной . . . . .	1	2,1	4	8,8

Вытекающий из сказанного принцип подхода к техническим условиям на дорожное строительство может быть пояснен схемой, показанной на рис. 3.4. Строительные расходы, отнесенные к 1 т·км грузов, перевозимых за установленный срок окупаемости затрат, тем меньше, чем выше интенсивность и меньше скорость движения, обеспечиваемая при постройке дороги, из-за малых радиусов кривых, больших продольных уклонов и т. п. Транспортные расходы на перевозки, наоборот, тем меньше, чем выше расчетная скорость. Из графика следует, что минимум суммарных расходов при каждой интенсивности соответствует определенной, наиболее эффективной скорости.

### 3.3. Расчетные схемы и характеристики движения автомобилей, параметры водителей

Нормы проектирования автомобильных дорог обосновываются расчетами на основе закономерностей теории автомобиля исходя из схематизированных соображений о маневрах, выполняемых водителями. При этом нормативные требования к элементам трассы исходят из напряженных режимов ведения автомобиля. Они, как правило, обеспечивают устойчивость автомобиля, а не удобство управления им и комфортабельность поездок.

Расчеты необходимой видимости дороги предусматривают резкое торможение перед препятствием на дороге с блокировкой колес и последующим скольжением колес автомобилей юзом, опасным при высокой начальной скорости из-за возможного заноса. Схема обгона предусматривает возвращение на полосу движения в непосредственной близости от обгоняемого автомобиля. При этом принимают минимальную продолжительность реакции водителя.

Влияние психологических особенностей водителей в формулах для расчета геометрических элементов дорог учитывают принимаемыми временем их реакции, значением и скоростью нарастания центробежного ускорения при проезде кривых в плане и продольном профиле, а также интервалом между автомобилями при встрече и обгонах.

Особенно большое значение имеет принимаемое время реакции водителя. Оно индивидуально для каждого водителя и меняется в зависимости от его возраста, психического состояния и сте-

пени его напряженности, связанной с осознанием опасности обстановки, в которой осуществляется движение. В зависимости от степени утомления время реакции меняется более чем в 1,5 раза. Реальные условия движения, его режим и окружающая обстановка влияют на внимательность водителей. Они подсознательно ведут автомобиль по дороге в открытой степи менее напряженно, чем по улице большого города с интенсивным движением пешеходов, часто недисциплинированных. При движении в пачке или колонне время реакции зависит от расстояния до идущего впереди автомобиля-лидера:

Расстояние между автомобилями, м . . . . .	5	10	15	20	25	30	35	40
Время реакции, с . . . . .	0,6	0,8	1,4	1,0	1,7	2,1	2,3	2,4

Хотя длительное время при разработке норм принимали во всех случаях время реакции водителей одинаковым, равным 1 с, при расследовании обстоятельств возникновения дорожно-транспортных происшествий исходили из меньшего значения времени реакции (0,8 с), установленного в многочисленных опытах, при которых испытуемые заранее знали, что должны прореагировать на появляющийся сигнал.

Некоторые водители способны прореагировать за меньший промежуток времени. Но у многих в условиях движения по дороге время реакции дольше. Для остановки их автомобилей требуется больший путь торможения и, следовательно, для безопасного движения с той же скоростью необходимо обеспечение видимости на большее расстояние.

Наблюдения проф. Е. М. Лобанова показали, что фактическое время реакции меняется в разных условиях. На наиболее распространенных дорогах с двумя полосами движения оно составляет от 0,4 до 2,3 с и на автомобильных магистралях с разделительной полосой от 0,5 до 2,5 с. У водителей, знавших, что им будет подан сигнал, продолжительность реакции была почти в 2 раза меньшей.

В ряде стран при проектировании новых дорог это обстоятельство теперь принимают во внимание и при проектировании автомобильных магистралей исходят из времени реакции 2—3 с.

При расследовании обстоятельств дорожно-транспортных происшествий в России, учитывая степень неожиданности для водителей конфликтных ситуаций, исходят из дифференцированных значений времени реакции, принимая его для дневного времени суток, обеспечивающего хорошую видимость препятствия на пути, равным от 0,6 до 1,4 с. Если препятствие было малозаметным, время реакции увеличивают на 0,6 с, а при неожиданной неисправности органа управления транспортным средством («проваливание» педали торможения, заклинивание рулевого управления) — на 1,2 с, т. е. время, необходимое для водителя, чтобы осознать неисправность и принять необходимое решение.

При периодических пересмотрах норм проектирования автомобильных дорог приходится учитывать типаж транспортных средств.

Повышение скоростей современных легковых автомобилей и улучшение ровности покрытий автомобильных дорог приводят к уменьшению высоты легковых автомобилей и соответственно возвышения глаза водителя над проезжей частью, которое в некоторых странах, предвосхищая тенденции развития автомобилестроения, принимают равным 1 м. Это существенно увеличивает необходимую видимость на выпуклых вертикальных кривых.

Рост загрузки дорог движением вызывает необходимость уточнения расчетных схем определения видимости и расстояния обгона. От ранее принятого метода рассмотрения движения одиночных автомобилей становится все более и более необходимым переходить к учету особенностей движения автомобилей большими пачками или колоннами. Кроме схемы беспрепятственного обгона впереди идущих автомобилей, приходится учитывать необходимую видимость из условия прерванного обгона с включением в какой-то момент времени при появлении встречного автомобиля, обгоняющего автомобиля в обгоняемую колонну. Значительнее меняется схема видимости на кривых в плане, в которой луч зрения водителей проводится уже не по касательной к линии препятствий, ограничивающей видимость с внутренней стороны кривой, а по касательной к полосе, занимаемой габаритами идущих впереди автомобилей при максимально допустимом смещении обгоняющего автомобиля к оси дороги в пределах его полосы движения (рис. 3.5).

Говоря о расчетных схемах видимости дороги, следует учитывать, что они относятся только к светлым часам суток. В ночное время на дорогах без искусственного освещения зона видимости водителя ограничивается освещенностью, создаваемой пучком света фар, направленного с некоторой асимметрией к оси автомобиля. На криволинейных участках дороги освещенный участок выходит за пределы дороги (рис. 3.6). Светотехнические качества совре-

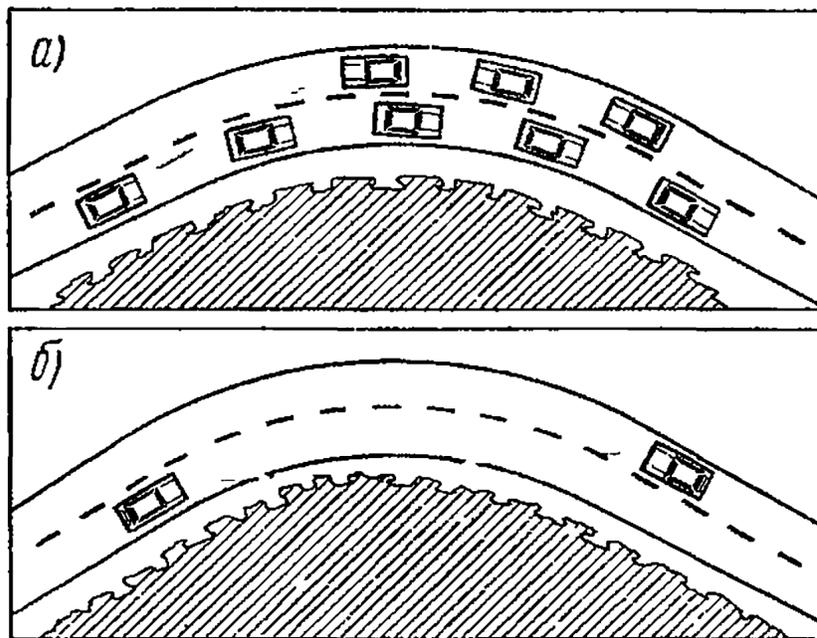


Рис. 3.5. Схемы видимости встречного автомобиля при движении групп или колонн (а) одиночных автомобилей (б)

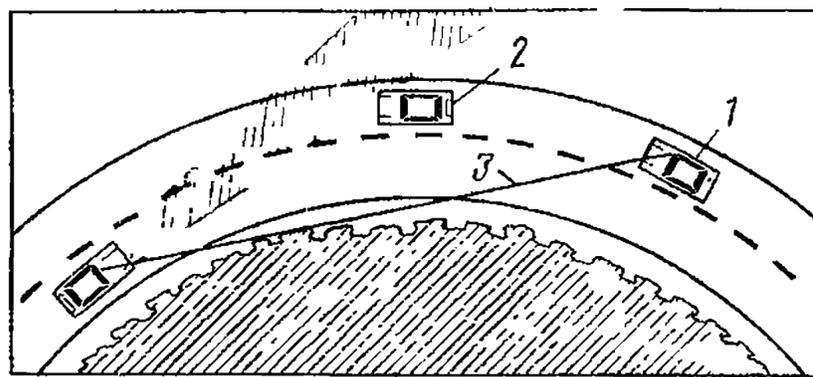


Рис. 3.6. Схема освещения дороги светом фар:

1 — условия видимости днем; 2 — то же ночью при свете фар; 3 — расстояние видимости днем

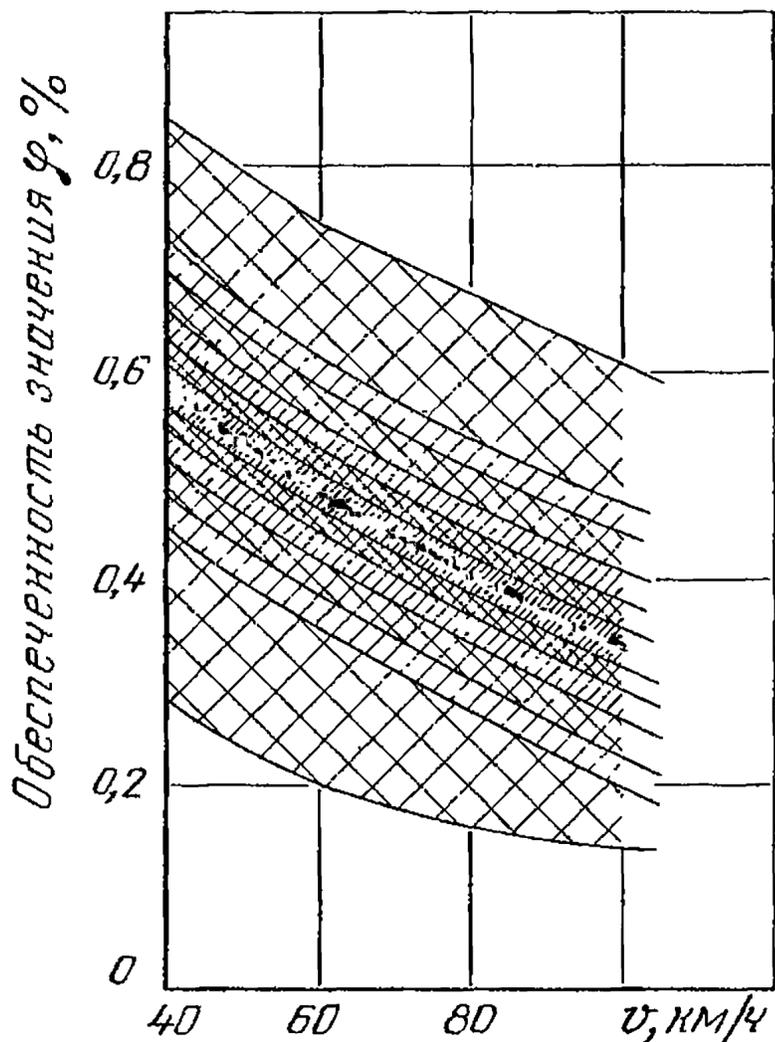


Рис. 3.7. Колебания значений коэффициента сцепления  $\varphi$  на дороге с бетонным покрытием

тов элементов трассы. В первом приближении можно рекомендовать следующие значения параметров «расчетного водителя»: интенсивность разгона  $0,8—1,2 \text{ м/с}^2$ , интенсивность снижения скорости на переходо-скоростной полосе  $1,7—3 \text{ м/с}^2$ , нарастание центростремительного ускорения при движении по переходной кривой  $0,3—1 \text{ м/с}^3$ , коэффициент поперечной силы при движении по кривым в плане не более  $0,16$ .

Не менее актуальна задача создания для проектирования дорог, оценки их транспортно-эксплуатационных качеств и безопас-

менных фар дают необходимую освещенность только на расстоянии, значительно меньшем расчетного расстояния видимости. Увеличение светосилы фар невозможно из-за опасности ослепления водителей встречных автомобилей. Поэтому безопасные скорости движения автомобилей в ночное время на дорогах без искусственного освещения существенно ниже расчетных для дорог I—III категорий.

В связи с непрерывным совершенствованием конструкции автомобилей (увеличение приемистости автомобилей, повышение мягкости подвески), а также быстро возрастающего числа лиц, получающих водительские права, приобретает остроту потребность надежного обоснования характеристик «расчетного водителя» для подстановки в формулы для расче-

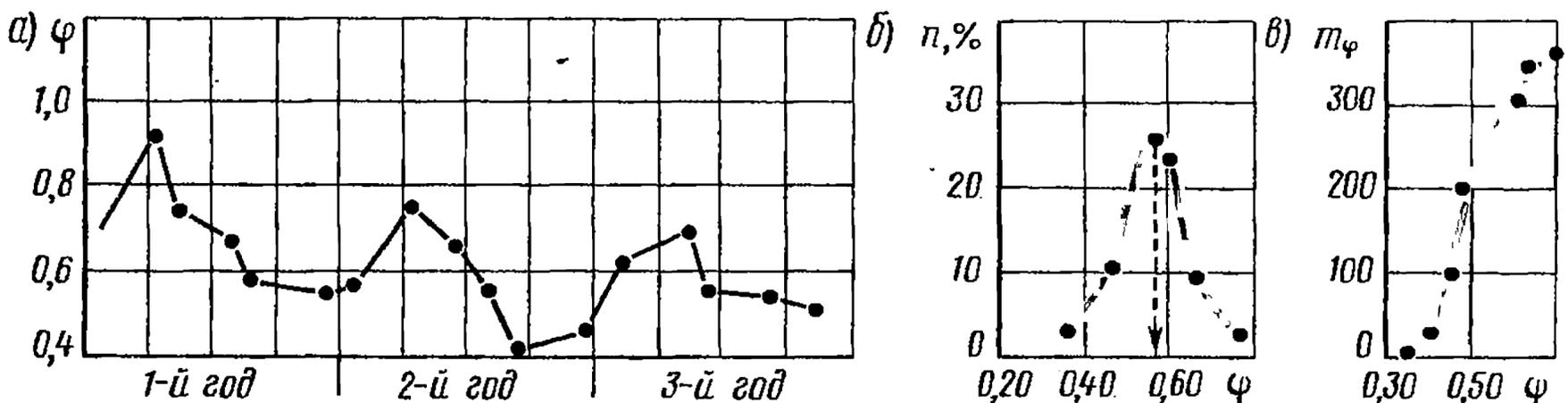


Рис. 3.8. Снижение значений коэффициента сцепления по мере износа покрытия в процессе службы дороги и принципы нормирования расчетного коэффициента сцепления:

*a* — изменение коэффициента сцепления  $\varphi$  в течение трех лет службы дороги; *б* — повторяемость  $n$  (в % от общего числа случаев) значений коэффициента сцепления; *в* — установление значения, соответствующего заданной повторяемости ( $m_\varphi$  — число дней в году с значением  $\varphi$  меньше заданного)

ности движения «расчетного автомобиля», габариты и динамические качества которого отражали бы дальнейшие перспективы автомобильной техники. Некоторые изменения, как, например, снижение высоты легковых автомобилей, сильно отражаются на требованиях к расчетной видимости. Большое влияние на соответствие реальных условий движения конкретных автомобилей по дорогам предпосылкам, закладываемым в формулы обоснования геометрических элементов дорог, оказывает отклонение истинного значения коэффициента сцепления от принимаемого при нормировании требований к элементам трассы.

Соппротивление колеса автомобиля поперечному или продольному смещению по проезжей части зависит от очень большого числа влияющих факторов — шероховатости покрытия дороги, неоднородной по ширине покрытия в связи с большим износом в местах сосредоточения проходов колес, материала покрытия и его истираемости, температуры покрытия, материала и рисунка протектора шины, нагрузки на колесо и внутреннего давления в шине. На рис. 3.7 показана зона варьирования значений коэффициентов сцепления при многократных измерениях с разными шинами на разных участках дороги с мокрым бетонным покрытием при разных скоростях.

Даже при стандартном состоянии колеса измерительной динамометрической тележки меняющееся состояние покрытия делает коэффициент сцепления непостоянным в течение года. Примером являются данные систематических наблюдений за сезонными колебаниями коэффициентов поперечного сцепления шины с усовершенствованным покрытием облегченного типа на дороге, построенной в местности с теплым приморским климатом (рис. 3.8). Характерно при этом, что по мере износа покрытия его сцепные качества становятся однороднее, так как снижается интервал изменений значений коэффициентов сцепления, а протяженность участков с его средним значением увеличивается.

При наличии данных систематических измерений возможно нормировать расчетные значения коэффициента сцепления, задаваясь из условия эксплуатации и учета назначения дороги числом дней, в течение которых коэффициент сцепления может иметь значения, меньшие расчетных. В эти дни дорога будет обеспечивать возможность движения только со скоростью, меньшей расчетной.

#### **3.4. Расчетная интенсивность, режимы и безопасность движения по дороге**

Обеспечиваемая степень безопасности движения по одному и тому же участку дороги во многом зависит от интенсивности транспортных потоков, определяющей складывающиеся на ней режимы движения. Чем выше плотность транспортного потока, тем значительнее взаимное влияние его участников. Из-за осложнения обгонов мед-

ленные транспортные средства надолго лишают более быстрые возможности реализовать свои динамические качества. Противоречия в транспортном потоке особенно резко проявляются при ухудшении дорожных условий. Попытки отдельных водителей осуществить обгон в сложных условиях всегда связаны с повышенным риском и нередко приводят к авариям.

Учитывая неизбежное возрастание интенсивности движения в процессе службы дороги, при проектировании предусматривают, что расчетная (типичная) пропускная способность будет достигнута только в конце расчетного срока службы дороги, принимаемого равным 20 годам. В последующие годы службы дороги условия движения по ней неизбежно ухудшаются. Это соответствует современным условиям работы очень многих дорог.

В целях характеристики качественного состояния транспортного потока обобщающими показателями введено понятие об «уровне удобства движения», который определяется отношением средней скорости движения транспортного потока по дороге к скорости движения одиночного автомобиля.

Каждой интенсивности движения присущ свой характерный режим движения (рис. 3.9). При очень малых интенсивностях движения избираемая водителями скорость зависит только от особенностей восприятия ими дорожных условий, так как практически отсутствуют помехи от попутных и встречных автомобилей. В связи с этим отдельные водители развивают слишком высокую скорость и едут с повышенным риском из-за меньшей внимательности. Поэтому относительное количество происшествий на 1 млн авт-км в этом случае выше, чем при несколько больших интенсивностях, когда встречи и обгоны становятся более частыми. Наиболее типичные виды происшествий — съезды с дороги и опрокидывание на кривых малых и средних радиусов.

Такие условия движения (рис. 3.9, а) по дороге называют свободными (уровень удобства А). Они характерны для очень малого числа дорог — подъезды к малым населенным пунктам, а также для периодов спада движения на дорогах ночью или ранним утром. Исходя из этого режима движения обосновывают требования к отдельным элементам дорог.

При росте интенсивности движения начинает ощущаться взаимное влияние автомобилей. Увеличение скорости перед обгонами с ходу на свободной дороге приводит к некоторому возрастанию средней скорости. Обгоны и увеличение количества встречных автомобилей повышают внимательность водителей и приводят к некоторому снижению относительного числа происшествий. По мере роста интенсивности движения условия движения постепенно усложняются. Для осуществления обгона иногда приходится выжидать благоприятный момент, когда на участке маневра отсутствуют встречные автомобили. Схема обгона меняется — водитель обгоняющего автомобиля, приблизившись к обгоняемому, снижает скорость

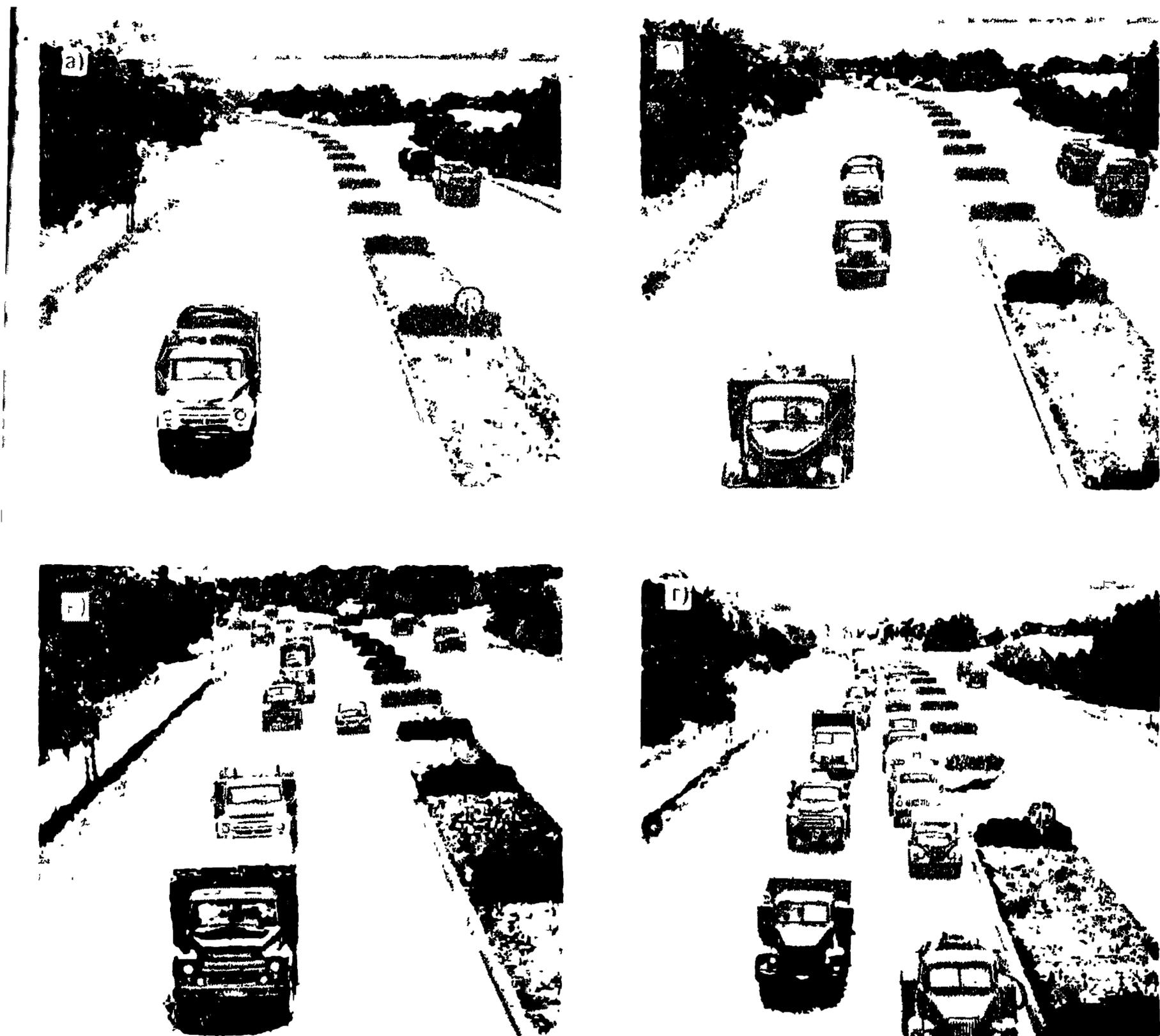


Рис. 3.9. Движение по дороге при разной плотности транспортного потока:  
 а — свободный поток; б — частично связанный поток; в — связанный поток; г — плотный (насыщенный) поток

и едет за ним в ожидании возможности обгона. Средняя скорость потока начинает снижаться.

По мере дальнейшего роста интенсивности движения время ожидания возможности обгона увеличивается. Создаются группы из двух-трех автомобилей («пачки»), следующие за медленно едущим, по мнению их водителей, передним автомобилем. После обгона они получают возможность некоторое время ехать в условиях свободного режима движения. Такой режим движения (рис. 3.9, б) носит название частично связанного (уровень удобства Б). При проектировании дорог необходимое число полос движения на проезжей части принимают из условия, чтобы при сдаче новой дороги в эксплуатацию уровень удобства составлял 0,85—0,9, а к моменту окончания расчетного 20-летнего срока и возникновения потребности к реконструкции не был менее 0,45—0,55. Тем самым создают резерв

пропускной способности на случай внеплановых интенсивных перевозок, а также сезонных и суточных пиков интенсивности движения.

Чем больше интенсивность движения, тем реже встречаются приемлемые для обгона интервалы во встречном потоке автомобилей. Ошибочные маневры, выполняемые при обгоне, увеличивают число происшествий по мере возрастания интенсивности движения. Наступает период, когда обгоны становятся возможными только при повышенном риске, по схеме прерванного обгона, с включением при появлении встречного автомобиля в группу обгоняемых автомобилей. При этом встречным автомобилям иногда приходится снижать скорость, а в особо опасных условиях даже съезжать на обочину. Главным видом происшествий становится встречное столкновение. Такой режим движения (рис. 3.9, в) называют связанным (уровень удобства В). При переходе транспортного потока в этот режим движения становится целесообразной реконструкция дороги.

Дальнейший рост интенсивности движения связан с увеличением плотности транспортного потока с движением без обгонов. Интервалы между автомобилями уменьшаются, и они образуют колонну. Все автомобили едут с практически одинаковой скоростью. Малые кратковременные отклонения от средней скорости возможны лишь в результате изменения интервалов между автомобилями и устраняются водителями, как только возникает опасность наезда. Режим движения транспортного потока (рис. 3.9, г) называют плотным, или насыщенным (уровень удобства Г).

Т а б л и ц а 3.1

Уровень удобства движения	Интенсивность движения, авт/ч	Режим движения транспортного потока и условия движения и работы водителя	Отношение скорости потока к скорости одиночного автомобиля	Коэффициент использования пропускной способности	Относительная тяжесть аварий
А	360	Свободный. Легкие условия для водителя. Взаимные помехи автомобилей отсутствуют	1	0,2	—
Б	900	Частично связанный. Возникают группы автомобилей. Условия работы легкие	0,7—0,9	0,2—0,5	1,2
В	1200	Связанный. Группы автомобилей увеличиваются, частые обгоны. Обгоны осложняются. Условия работы водителей нормальные	0,35—0,7	0,5—0,7	0,75
Г	1600 и более	Насыщенный. Образуется сплошной поток автомобилей. Скорость значительно снижается. На сложных участках дорог возникают заторы. Условия работы напряженные	0,55	0,7—0,9	0,2

Т а б л и ц а 3.2

Уровень удобства	Относительное количество происшествий					
	Опрокидывание	Наезд на препятствие	Съезд с дороги	Боковой наезд при обгоне	Столкновение с встречным автомобилем	Наезд на впереди идущий автомобиль
А	79,5	5	8	2	5,3	0,2
Б	20,1	10,9	7	8,1	48,8	5
В	5,2	6	3	7,5	18,2	60,1
Г	—	1,6	0,3	3,1	0,5	94,5

Дальнейшее увеличение плотности транспортного потока, например при въезде на узкий мост или ремонтируемый участок дороги с ограниченной шириной проезжей части, характеризуется прерывистостью и периодическими остановками. Перед сложными участками могут возникать заторы. Количество происшествий и их тяжесть снижаются. Регулярная эксплуатация дороги при таких режимах невозможна, но временное их возникновение на дорогах

Т а б л и ц а 3.3

Принцип воздействия на потоки движения	Возможные решения
Разделение потока по скоростям	Разделение транзитного и местного движения, увеличение числа полос на проезжей части. Устройство дополнительных полос для движения медленно едущих автомобилей на подъемах, тракторных путей и велосипедных дорожек, полос разгона и ускорения на пересечениях и примыканиях дорог (переходно-скоростные полосы), придорожных стояночных полос и площадок, а также уширений проезжей части для автомобильных остановок
Разделение потока по направлениям	Устройство разделительных полос. Сооружение самостоятельного земляного полотна для каждого направления движения. Устройство пересечений и примыканий в разных уровнях, направляющих островков и дополнительных полос для ожидающих автомобилей на пересечениях в одном уровне. Выделение улиц одностороннего движения в населенных пунктах. Нанесение разметки, четко регламентирующей направление движения
Выравнивание скоростей движения на протяжении маршрута	Перестройка участков, вызывающих резкое снижение скорости. Увеличение видимости. Установка дорожных знаков, ограничивающих скорость и рекомендуемых рациональные скорости движения. Реализация принципа зрительного ориентирования водителей. Устройство трясущих и шумовых полос, вызывающих непроизвольное снижение скоростей движения водителями. Введение координированного светофорного регулирования движением

с уровнем удобства движения  $\Gamma$  возможно в часы пик и является признаком необходимости реконструкции этих дорог.

Характеристики разных уровней удобства движения на дорогах с двумя полосами движения даны в табл. 3.1. Различие в режимах движения автомобилей при разных уровнях удобства четко отражается на относительном количестве происшествий разных видов (табл. 3.2).

Повышение безопасности движения и увеличение пропускной способности дорог методами их реконструкции и организации движения основываются на обеспечении возможности каждой категории транспортных средств следовать по своему направлению с возможной для них скоростью, не создавая помех для других автомобилей. Это достигается путем выделения или дополнительного устройства на проезжей части дороги специальных полос в местах наибольшего стеснения потоков движения.

Возможные пути организации четкого движения транспортных потоков перечислены в табл. 3.3.

Перечисленные проектные решения, устраняя причины ряда маневров, создающих внутренние помехи в транспортном потоке, повышая безопасность движения, приводят одновременно и к повышению средней скорости движения.

### **Контрольные вопросы**

1. Какова роль составляющих комплекса дорога — автомобиль — водитель в обеспечении безопасности движения?
2. Исходя из каких соображений обосновывают расчетные скорости?
3. От чего зависит время реакции водителя и какие его значения принимают при определении элементов трассы дорог?
4. Какие допущения принимают при составлении расчетных схем для обоснования геометрических элементов трассы?
5. Что такое уровни удобства движения и каковы для них характерные режимы движения?
6. Какие виды происшествий характерны для разных уровней удобства?

## **ВЛИЯНИЕ РЕЖИМОВ ДВИЖЕНИЯ И ОТДЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ДОРОГИ НА ОПАСНОСТЬ ДОРОЖНО-ТРАНСПОРТНЫХ ПРОИСШЕСТВИЙ**

### **4.1. Влияние элементов трассы на безопасность движения**

В результате приспособления трассы автомобильных дорог к рельефу местности с минимальными объемами необходимых для этого земляных работ смежные участки дорог часто имеют значительно различающиеся радиусы кривых, продольных уклонов, расстояний видимости. Чем сильнее эти характеристики отличаются от характеристик наиболее удобного для движения прямого горизонтального участка, тем чаще на них возникают дорожно-транспортные происшествия. Хотя каждое дорожно-транспортное происшествие является результатом совокупного влияния многочисленных факторов, обычно среди них имеется какой-то один, оказывающий в данном месте наибольшее влияние и определяющий причину дорожно-транспортных происшествий. Поэтому материалы статистики дорожно-транспортных происшествий дают принципиальную возможность сравнительной оценки степени безопасности движения при разном значении каждого из элементов трассы и интенсивности движения по дороге.

К широкому использованию статистических данных приходится прибегать потому, что в исследованиях в области безопасности движения исключается возможность постановки для накопления данных о происшествиях в разных условиях специальных натуральных опытов по созданию опасных участков на дорогах. Поэтому целесообразны обобщение и анализ по единой методике статистических материалов разных стран. Эти данные неизбежно отражают влияние многих факторов — состояния дорожной сети, степени автомобилизации, природно-климатических условий, типов покрытий, специфики правил движения и даже национальных особенностей и темперамента водителей и то, что в разных странах погибшими при дорожно-транспортных происшествиях считаются умершие через разное количество дней после происшествия.

Однако влияние этих факторов сглаживается, если пользоваться относительными характеристиками изменения количества дорожно-транспортных происшествий при изменении одного элемента дороги и приблизительно постоянных значениях остальных влияющих факторов. Поэтому, изучая влияние того или иного элемента плана или профиля, например ширины проезжей части или обочин, следует выражать количество дорожно-транспортных происшествий на 1 млн авт-км в долях количества происшествий на принимаемом за эталон

горизонтальном прямом участке с шероховатым усовершенствованным покрытием шириной 7—7,5 м, укрепленными обочинами шириной до 2,5—3 м в открытой местности. Этот показатель назван далее «частным коэффициентом аварийности» для данного элемента трассы.

Для узких мостов, коротких кривых и участков ограниченной видимости коэффициенты аварийности определяют как отношение количества происшествий на 1 млн прошедших автомобилей.

Обработанные таким образом данные, как будет видно из дальнейшего, достаточно закономерно располагаются на графиках около некоторой средней кривой, свидетельствуя о наличии явно выраженной зависимости. Это доказывает, что относительные коэффициенты влияния — частные коэффициенты аварийности — объективно отражают влияние дорожных условий, давая богатые возможности для развертывания международного сотрудничества в решении проблемы безопасности движения по автомобильным дорогам. Отклонения отдельных точек от среднего значения объясняются влиянием других факторов, например интенсивности движения или продольных уклонов.

#### 4.2. Влияние интенсивности и скорости движения

Особенности изменения процесса взаимодействия автомобилей в транспортном потоке при увеличении его плотности — количества автомобилей на 1 км дороги — отражаются на количестве дорожно-транспортных происшествий и их тяжести (см. гл. 3).

Сопоставление данных многочисленных анализов дорожно-транспортных происшествий в разных странах на дорогах с двумя полосами движения при разной интенсивности движения показывает, что они закономерно располагаются около своеобразной колоколообразной средней кривой (рис. 4.1). Статистические данные были выражены в долях количества происшествий, соответствующего интенсивности 5000 авт/сут, которую можно рассматривать как предел для нормальных условий эксплуатации дорог с двумя полосами движения. При превышении этой интенсивности оправдывается переход к дорогам с двумя проезжими частями и разделительной полосой. Использованные для построения графика данные от-

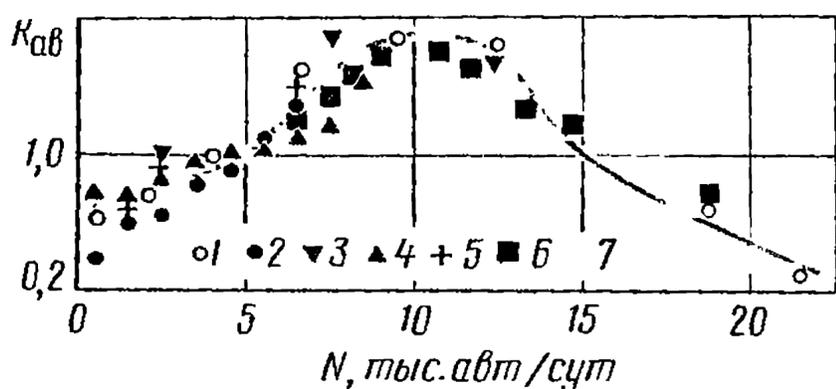


Рис. 4.1. Относительное количество дорожно-транспортных происшествий при разной интенсивности движения по данным:

1 — Т. Эдамуры (Япония); 2 — Д. Бельмонта (США); 3 — М. Раффа (США); 4 — Д. Болдуина (США); 5 — Т. Балоба (Венгрия); 6 — М. Афанасьева (Россия); 7 — средним

носились к фактическому количеству автомобилей без приведения их к эквивалентному количеству легковых автомобилей, хотя процент грузовых автомобилей в транспортном потоке оказывает существенное влияние на число происшествий (рис. 4.2).

На автомобильных магистралях с разделением движения по направлениям зависимость относительного числа происшествий от интенсивности движения отличается от зависимости для двухполосных дорог (рис. 4.3). При малых интенсивностях, не характерных для магистралей, наблюдается повышенная аварийность, объясняемая пониженным вниманием водителей при малой загрузке дороги и превышением скоростей (рис. 4.3). В широком интервале интенсивностей, характерных для автомобильных магистралей с четырьмя полосами движения, условия безопасности практически постоянны.

Частные коэффициенты аварийности для интенсивности движения составляют:

Интенсивность, тыс. авт/сут	0,5	3	5	7	10	11	15	20	25
$K_1$ для дорог:	-	-	-	-	-	-	-	-	-
двухполосных	0,4	0,75	1,0	1,4	1,75	1,8	1,0	0,6	—
четырехполосных	—	3,0	1,6	—	1,0	—	1,0	1,4	2,0

В результате изменения скорости движения и числа происшествий разного вида при разной степени уровня удобства движения

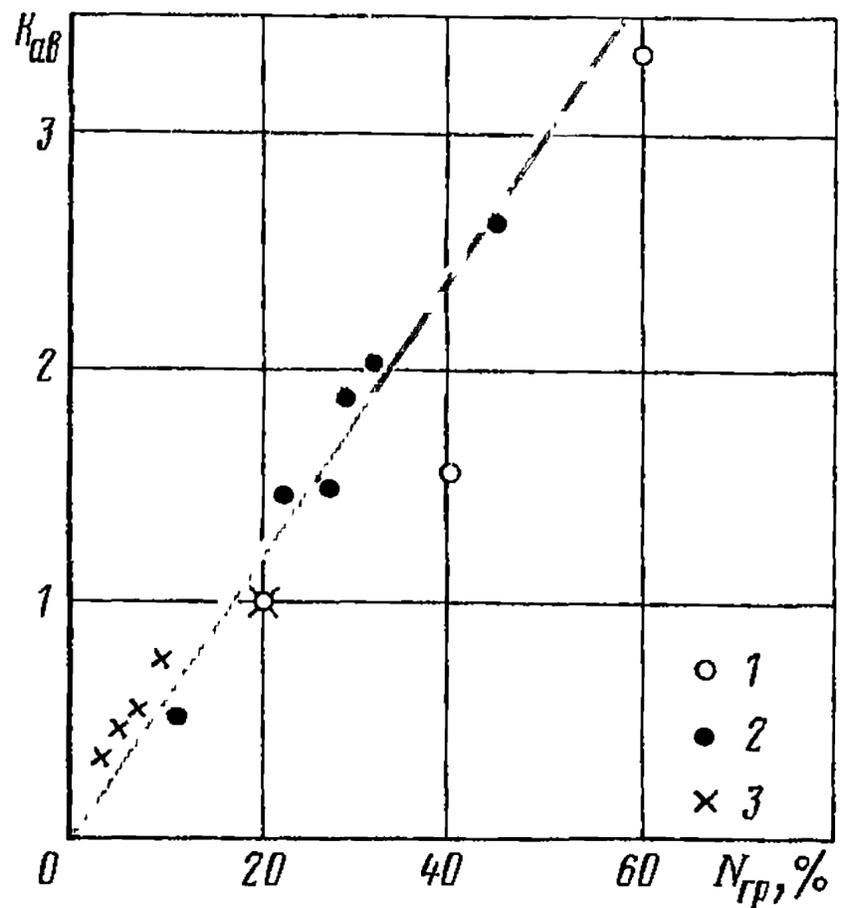
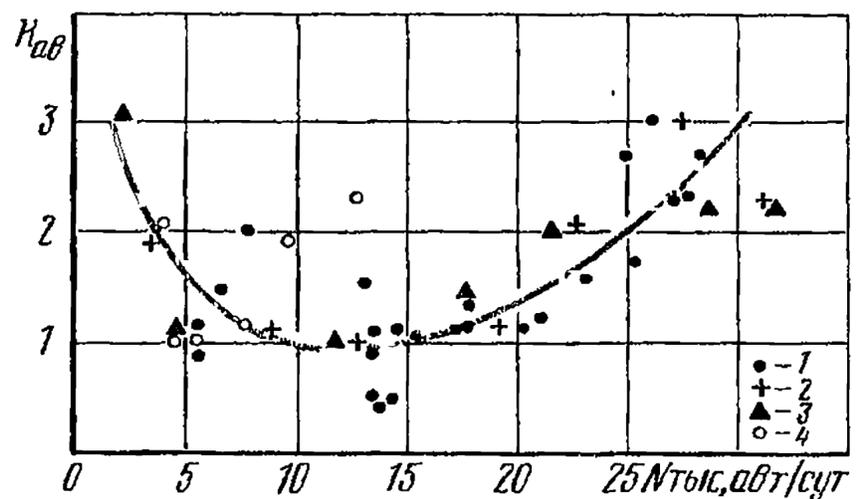


Рис. 4.2. Рост относительного количества дорожно-транспортных происшествий при увеличении доли грузовых автомобилей и автобусов в составе транспортного потока (за единицу принято 20% грузовых автомобилей) по данным:

1 - - Ф. Битцля (ФРГ); 2 — П. Купина (Россия); 3 — М. Талаева (Россия)

Рис. 4.3. Увеличение относительного количества дорожно-транспортных происшествий при малых интенсивностях движения по данным:

1 — А. Шевякова (Россия); 2 — Гвинна (США); 3 — Джесона (США); 4 — Битцля (ФРГ)



тяжесть происшествий быстро уменьшается по мере возникновения стабильности в транспортном потоке. Относительные значения тяжести последствий происшествий:

Уровень удобства . . . . .	А	Б	В	Г
Относительное среднее значение потери	1	1,2	0,75	0,2

Количество дорожно-транспортных происшествий зависит не только от общего числа автомобилей в потоке движения, но и от соотношения в нем автомобилей различных типов и других транспортных средств, различия в их скоростях, динамике, габаритах, грузоподъемности и степени загрузки. Чем более разнотипен транспортный поток, чем значительнее в нем диапазон скоростей, тем чаще возникают в нем потребности обгонов и тем более вероятна опасность дорожно-транспортных происшествий. В сельскохозяйственных районах по дорогам движутся сельскохозяйственные машины, и в период уборки урожая происходит интенсивное движение медленно едущих тракторных поездов. Зона их влияния на скорости движения автомобилей достигает 300—500 м, а средняя скорость транспортного потока снижается на 10—15% (рис. 4.4), растет количество происшествий.

Так, например, в степных районах России, Украины, Казахстана при интенсивности движения 2000 авт/сут, типичной для дорог IV категории в период уборки урожая, при доле тракторов в составе транспортного потока до 5% количество происшествий вырастает на 20%, от 5 до 10% — в 1,5 раза и от 10 до 20% — в 1,8 раза.

Существенно отражается на тяжести дорожно-транспортных происшествий скорость движения. На рис. 4.5 показаны графики



Рис. 4.4. Очередь автомобилей, ожидающих возможности обгона трактора

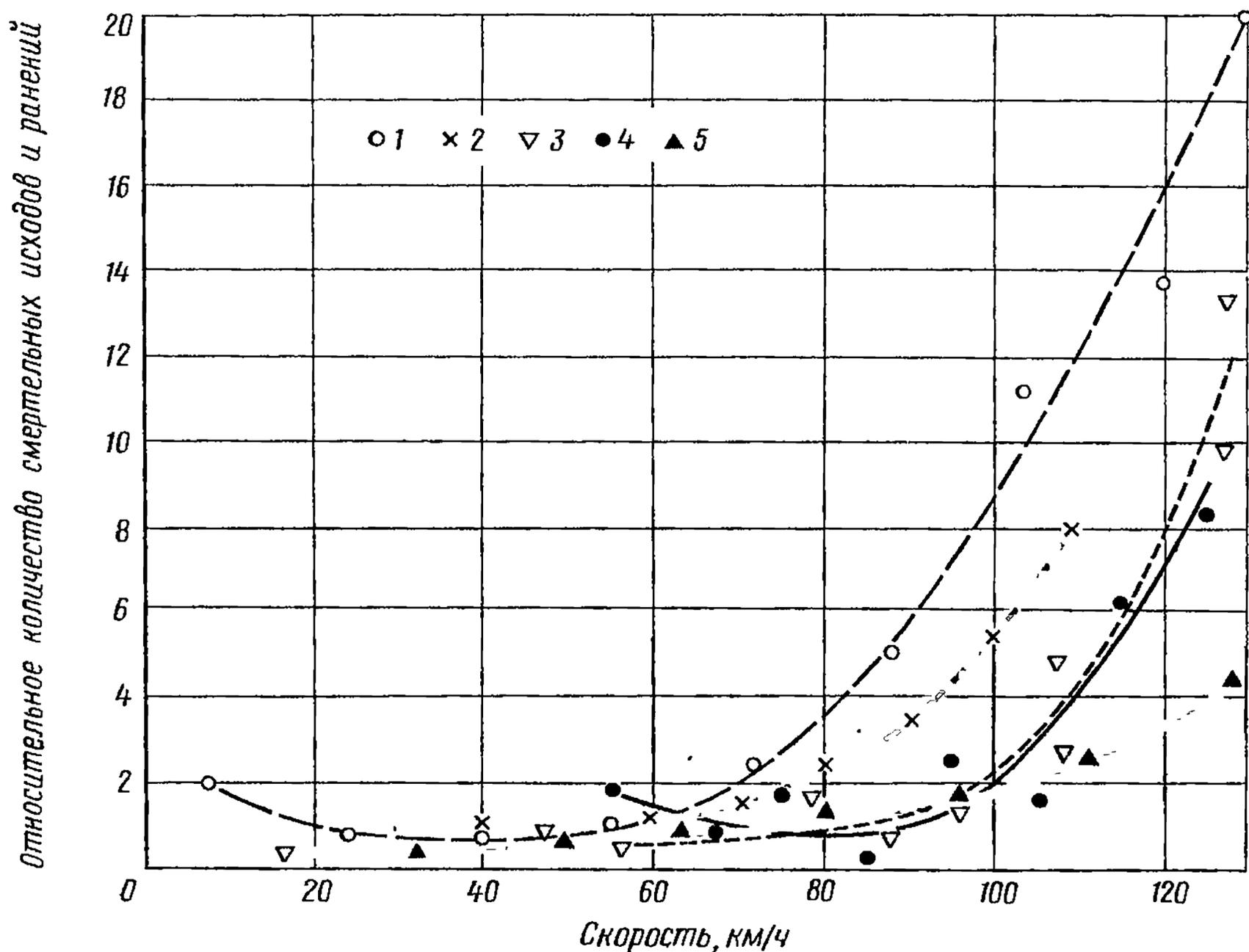


Рис. 4.5. Относительная опасность дорожно-транспортных происшествий при разных скоростях автомобилей по данным:

1 — И. Бросса (США); 2 — В. Новизенцева (Россия); 3 — Д. Соломона (США), 4 — С. Гольдберга (Франция); 5 — Ц. Приска (США); 1—4 — смертельные исходы; 5 — ранения

относительного изменения количества ранений и смертельных исходов на 1 млн авт-км пробега. Количество происшествий было выражено в долях наименьшего для каждого из случаев количества смертельных исходов и ранений, принятого за 1. Кривые для происшествий со смертельным исходом имеют характерный минимум. Относительно большое количество происшествий при малых скоростях движения, вероятно, связано с малой осторожностью пешеходов при переходе дороги перед автомобилями, едущими со скоростями, которые кажутся им неопасными. Заслуживает внимания резкое возрастание опасности происшествий при превышении скоростью некоторого критического значения в интервале 60—90 км/ч. Рост тяжести последствий происшествий при высоких скоростях связан как с увеличением кинетической энергии автомобиля, так и с осложнением работы водителей, вынужденных более быстро ориентироваться в дорожной обстановке и реагировать на ее изменения.

### 4.3. Влияние элементов поперечного профиля

Расстояния между автомобилями и от колеса до края полосы движения, необходимые для уверенного и безопасного осуществления маневров встречи и обгона автомобилей, зависят от скорости их движения. При узкой проезжей части зазор  $\lambda$  между автомобилями и расстояния от колес до края обочины  $y_1$  и  $y_2$ , особенно неукрепленной, оказываются недостаточными и вызывают необходимость значительного снижения скорости (рис. 4.6). Так как не все водители его осуществляют, относительное количество происшествий возрастает по мере уменьшения ширины проезжей части. На рис. 4.7 показаны зависимости частных коэффициентов аварийности от ширины проезжей части по данным исследователей из разных стран. Количество происшествий выражено в долях их числа при проезжей части шириной 7 м.

Использование водителями ширины проезжей части на дорогах с двумя полосами движения во многом зависит от состояния и ширины обочин.

Грунтовые обочины во влажные периоды года, когда они бывают покрыты слоем грязи, изрезаны глубокими колеями или их поверхность расположена ниже уровня покрытия, образующего уступ, имеют поверхность, значительно отличающуюся по сопротивлению движению и сцеплению колеса от покрытия проезжей части.

Правила эксплуатации дорог требуют, чтобы разница в коэффициентах сцепления дорожного покрытия и обочины не превышала 0,15, так как заезд на грязную обочину с высокой скоростью грозит опасностью заноса. Кроме того, осенью при грязных неукрепленных обочинах края проезжей части бывают покрыты грязью, нанесенной колесами автомобилей, которые останавливались или заезжали на обочину. Поэтому водители избегают приближаться к краю покрытия. Используемая ширина проезжей части уменьшается.

По данным О. А. Дивочкина и А. П. Шевякова, средние расстояния от заднего колеса автомобилей до кромки покрытия составляли при разных типах обочин (в см):

Укрепленная . . . . .	30
Песчаная, разъезженная . . . . .	86
Грязная грунтовая . . . . .	92

Установленные по графику (см. рис. 4.7) коэффициенты влияния ширины проезжей части имеют следующие средние значения:

Ширина проезжей части, м . . . . .	4,5	5	6	6,5	7	8	9	10,5
Коэффициенты аварийности:								
при укрепленных обочинах . . . . .	2,2	1,6	1,35	1,1	1	0,85	0,8	0,7
при грязных или изрытых колесами обочинах . . . . .	—	—	2,5	—	1,75	—	1	0,9

Влияние ширины проезжей части проявляется тем сильнее, чем больше в составе потока автомобилей имеется грузовых автомоби-

лей, ширина которых больше, чем легковых. По наблюдениям в ФРГ процент происшествий с грузовыми автомобилями превышает их процент в общем составе движения на следующие значения:

Ширина дороги, м . . . . .	6	7	7,5	8
Превышение, % . . . . .	13	5	1,5	0,1

Статистика дорожно-транспортных происшествий показывает высокую эффективность укрепления обочин, допускающего в случае необходимости съезд колеса. Недостаточная ширина обочин приводит к росту числа происшествий по следующим причинам: при малой ширине обочин и отсутствии ограждений съехавший на нее с большой скоростью автомобиль во многих случаях не может остановиться в пределах земляного полотна;

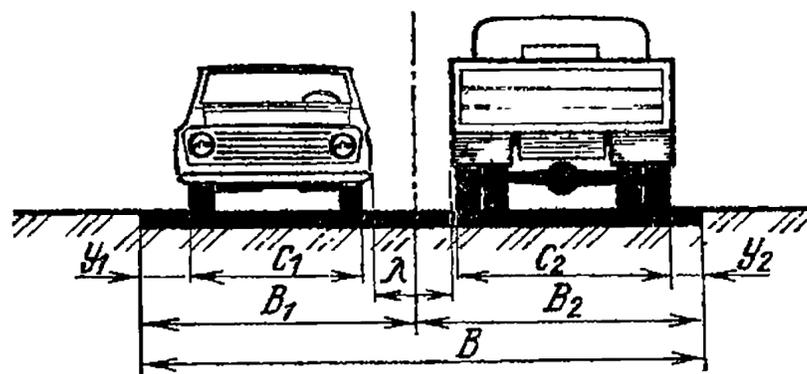


Рис. 4.6. Использование ширины проезжей части встречающимися автомобилями

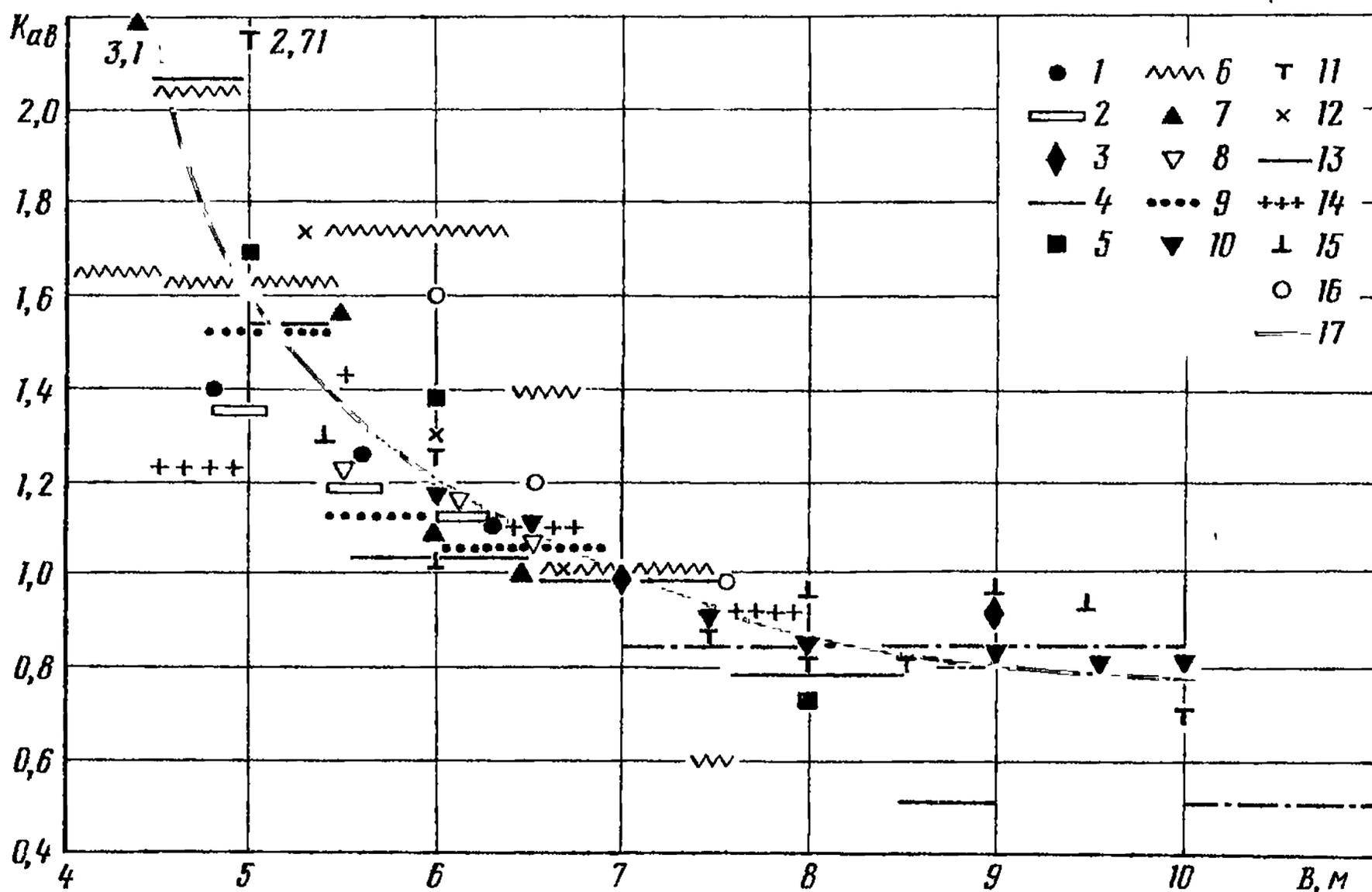


Рис. 4.7. Зависимость относительного количества дорожно-транспортных происшествий от ширины проезжей части по данным:

1 — В. Бабкова (Россия); 2 — Т. Коберна (Великобритания); 3 — Ф. Битцля (ФРГ); 4 — С. Гольдберга (Франция); 5 — шведским статистическим данным; 6 — статистическим данным ЧСФР; 7 — Т. Балюга (Венгрия); 8 — М. Раффа (США); 9 — Х. Ивенса (США); 10 — А. Нечаева (Россия); 11 — А. Зильбербрандта (Россия); 12 — Г. Чарльзворта (Великобритания); 13 — Т. Эдамуры (Япония); 14 — Г. Кнофлехера (Австрия); 15 — Ш. Хохола (ЧСФР); 16 — Б. Муртазина (Россия); 17 — средним

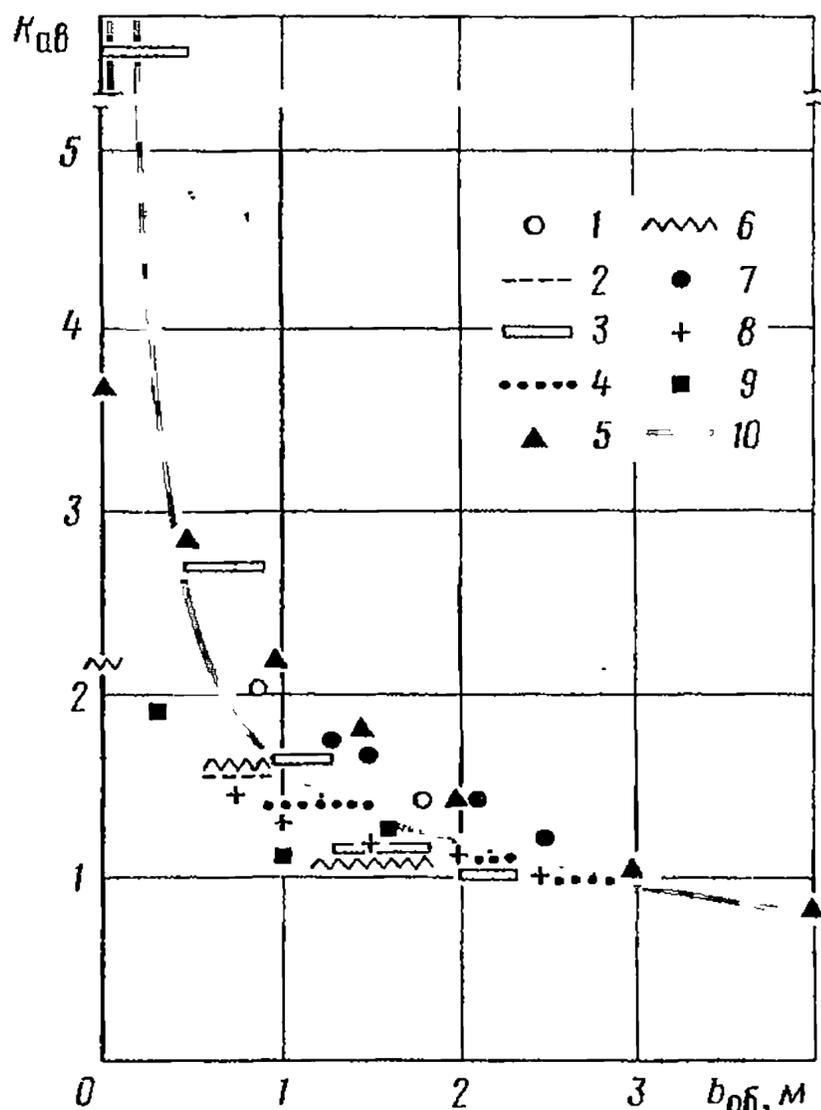


Рис. 4.8. Зависимость относительного количества дорожно-транспортных происшествий от ширины обочин по данным:

- 1 — Биллиона-Стонера (США);
- 2 — М. Раффа (США);
- 3 — статистическим данным Норвегии;
- 4 — ААСНО (США);
- 5 — О. Дивочкина (Россия);
- 6 — С. Вильямса и Ч. Фритта (США);
- 7 — Хида (США);
- 8 — Тельфорда (США);
- 9 — Кнофлехера (Австрия);
- 10 — средним

тительный процент грузовых автомобилей в составе транспортных потоков в России и все расширяющееся использование автопоездов, можно считать оптимальной ширину обочин 3 м. С точки зрения обеспечения безопасности движения следует отнести отрицательно к появившейся в последние годы тенденции уменьшения ширины обочин в целях уменьшения ширины полосы земли, изымаемой при строительстве дороги из сельскохозяйственных угодий. Осредняющие данные отдельных исследователей линии на рис. 4.7 дают возможность предложить следующие значения частных коэффициентов аварийности для разной ширины обочин:

Ширина обочин, м . . . . .	0,5	1,5	2,5	3
Коэффициент аварийности . . . . .	2,2	1,7	1,4	1,2

Для улучшения использования водителями ширины проезжей части и предотвращения заносов при заезде на высокой скорости на обочинах и разделительных полосах автомобильных магистра-

автомобили, остановившиеся на узкой обочине, вдаются в пределы проезжей части, уменьшая ее эффективную ширину. Отклоняясь от нормальной траектории при проезде мимо стоящего на обочине автомобиля, автомобили попадают на полосу встречного движения, что часто приводит к столкновениям.

Количество происшествий, связанных со стоянкой автомобилей на обочинах, достигает 7—12% их общего количества. Из этих происшествий более 30% составляют наезды на людей, неожиданно выходящих из кабины или появляющихся из-за стоящих автомобилей.

Сопоставление статистических данных (рис. 4.8) показывает, что при ширине обочины, равной габариту автомобилей (2,5—3 м) ее влияние перестает заметно ощущаться. В этом случае проезд мимо стоящего автомобиля не бывает связан с необходимостью значительного отклонения от оси полосы движения, и габарит объезжающего автомобиля не выходит из ее пределов. Учитывая значи-

лей в полосе, прилегающей к проезжей части, устраивают укрепленные краевые полосы шириной 0,5—0,75 м на дорогах I и II категорий. На дорогах низших категорий укладывают более узкие укрепленные краевые полосы из обработанных битумом или каменноугольным дегтем местных каменных материалов. Для упрощения строительных работ на дорогах I—III категорий с асфальтобетонными покрытиями вместо самостоятельных краевых полос строят более широкое покрытие и выделяют на нем сплошными линиями разметки краевые полосы, заезд на которые допускается лишь в случае съезда на обочины. Четко отделяя обочину от проезжей части, краевые полосы способствуют тому, что водители едут ближе к кромке покрытия. Улучшая использование проезжей части, краевые полосы приводят к снижению числа дорожно-транспортных происшествий на 1 млн авт-км на 15—20%, а смертельных исходов — до 35%.

Для улучшения видимости краевых полос в ночное время и обозначения таким образом краев проезжей части неоднократно делались попытки их устройства из бетонных блоков, имеющих поперечные ребра. Днем ребра создают тени, ночью хорошо видны при свете фар. Однако построенный в 50-х годах на Московской кольцевой автомобильной дороге опытный участок краевых полос с крупными косыми выступами («будильники»), которые, как предполагалось, при съезде колеса должны привлекать внимание водителей тряской и отклонять колесо назад на проезжую часть, себя не оправдал.

Выступы психологически влияли на водителей, стремившихся держаться ближе к середине проезжей части. Между выступами накапливались грязь и снег, которые не удавалось удалить имеющимися в дорожно-эксплуатационных подразделениях средствами механизации.

В населенных пунктах разделительные полосы по середине улиц для предотвращения переезда автомобилями часто устраивают в бордюрах, возвышающихся над проезжей частью. Иногда в расчете на укладку впоследствии при ремонте покрытия нового слоя асфальтобетона им придают высоту 15—20 см. При заносе автомобиля такой бордюр может вызвать опрокидывание. При проезде автомобили смещаются от бордюров примерно на 3-кратную их высоту, что уменьшает эффективность использования проезжей части.

На автомобильных магистралях, где устраивали разделительную полосу в виде возвышающихся бордюров, до 12% дорожно-транспортных происшествий были связаны с опрокидыванием при наезде на бордюр.

Поэтому на внегородских участках дорог не рекомендуют бордюры выше 5—6 см, а в городах используемые более высокие бордюры должны иметь скошенную в сторону от дороги грань с наклоном не круче 5:1.

#### 4.4. Влияние числа полос движения на проезжей части и ширины разделительной полосы

Технические условия России и большинства зарубежных стран не предусматривают строительства новых дорог с тремя полосами движения на проезжей части из-за их более высокой аварийности. Однако в процессе ремонтных работ для повышения пропускной способности автомобильных дорог часто уширяют проезжую часть до трех полос движения на подходах к крупным городам, где за счет местного движения интенсивность выше, чем на основной дороге.

На рис. 4.9 приведены данные об относительной аварийности на дорогах с двумя и тремя полосами движения на проезжей части при равной интенсивности движения. Снижая количество дорожно-транспортных происшествий при интенсивности движения до 7,5—8 тыс. авт/сут, т. е. до предела нормальной работы двухполосных дорог, введение третьей полосы резко увеличивает число происшествий в интервалах интенсивности 10—12 тыс. авт/сут. Это является следствием того, что среднюю полосу используют преимущественно для обгонов, число которых значительно возрастает, что часто приводит к встречным столкновениям. Поэтому в практике организации движения нередки случаи, когда органы службы регулирования снова превращают трехполосные дороги в двухполосные, нанося по оси проезжей части сплошную линию разметки.

Эффективность устройства третьей полосы проезжей части во многом зависит от четкости организации движения и от дисциплины водителей. Проводившееся в МАДИ (М. И. Судьин) опытное выделение разметкой на третьей средней полосе участков, поочередно разрешающих обгон в разных направлениях, упорядочивало режимы движения встречных потоков автомобилей и повышало их среднюю скорость. Однако из-за частых нарушений указаний разметки недисциплинированными водителями опасность дорожно-транспортных происшествий остается высокой.

При четкой организации движения наличие третьей полосы может существенно повысить пропускную способность в случаях, когда в часы пик интенсивность движения в разных направлениях резко различается, если в эти периоды, введя на средней полосе светофорное регулирование, выделять для наиболее напряженного направления две полосы движения. Опытная организация реверсивного движения на пригородном участке трехполосной дороги повысила скорость движения потока большой интенсивности с 36 до 48 км/ч при снижении количества происшествий на 30%.

Уширение на первых автомобильных магистралях, строившихся в 30-х годах, проезжей части до четырех полос движения с целью повышения пропускной способности не вызвало снижения относительного числа дорожно-транспортных происшествий на 1 млн

авт/км пробега. Возникла идея раздвижки встречных потоков движения устройством разделительной полосы. Обгоны перестали быть связаны с выездом на полосу встречного движения, что сильно повысило безопасность движения. Однако высокие скорости движения приводят к большой тяжести происшествий. Смертельные исходы при происшествиях на магистралях бывают в 3 и более раз чаще, чем на двухполосных дорогах.

Снижая опасность встречных столкновений, разделительные полосы все-таки не полностью устраняют влияние встречного движения. Сохраняется опасность ослепления водителей светом фар встречных автомобилей и выезда на полосу встречного движения при потере водителями ориентировки и заносе. Чем шире разделительная полоса, тем меньше число происшествий (рис. 4.10).

Особенно эффективны широкие разделительные полосы, которым обычно придается вогнутый поперечный профиль. Стекающую в него воду отводят подземными водостоками. Съехавший на разделительную полосу автомобиль успевает остановиться, не достигнув проезжей части для встречного движения. Однако в связи с высокой стоимостью и трудностью отвода земли для постройки дорог наиболее распространена ширина разделительных полос 4—5 м, причем при высокой интенсивности движения на них устанавливают ограждения. Лишь в отдельных случаях, предвидя, что в дальнейшем потребуется увеличение числа полос движения, вначале устраи-

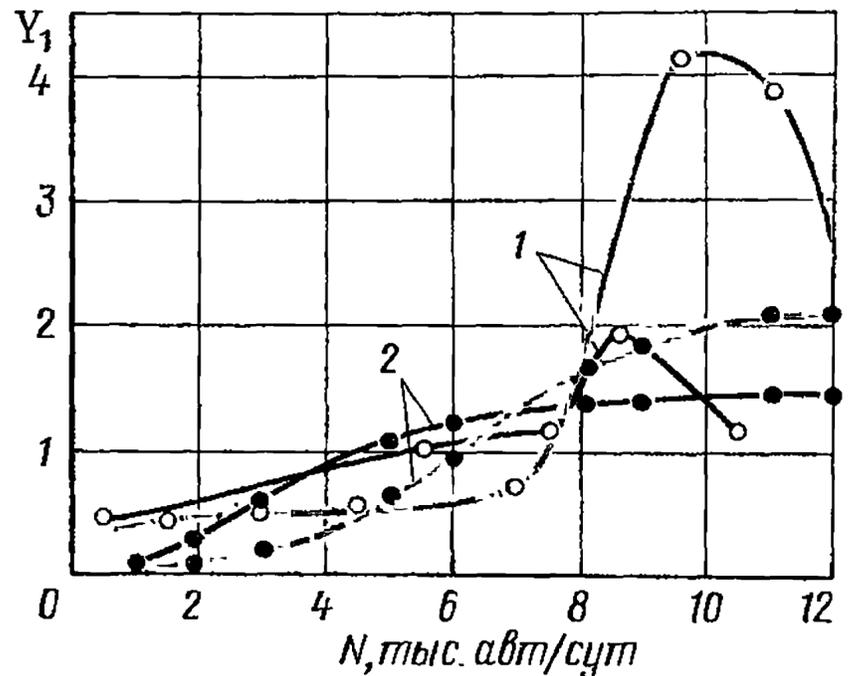


Рис. 4.9. Зависимость числа дорожно-транспортных происшествий на 1 млн. авт-км от интенсивности движения на дорогах с разной шириной проезжей части:

красные линии — дороги с тремя полосами движения; черные линии — дороги с двумя полосами движения;  
1 — по данным М. Раффа (США); 2 — данные Дорожного управления штата Массачусетс (США)

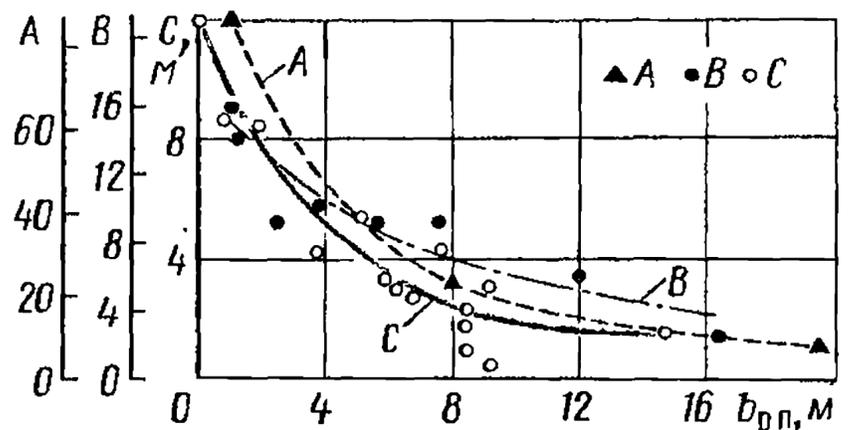


Рис. 4.10. Зависимость количества дорожно-транспортных происшествий от ширины разделительной полосы (по данным Бюро общественных дорог США):

A — количество автомобилей, заехавших на разделительную полосу и вовлеченных в происшествие; B — количество происшествий на 1 млн прошедших автомобилей в результате пересечения разделительной полосы; C — доля происшествий, связанных с заездом на разделительную полосу, % от общего количества дорожно-транспортных происшествий

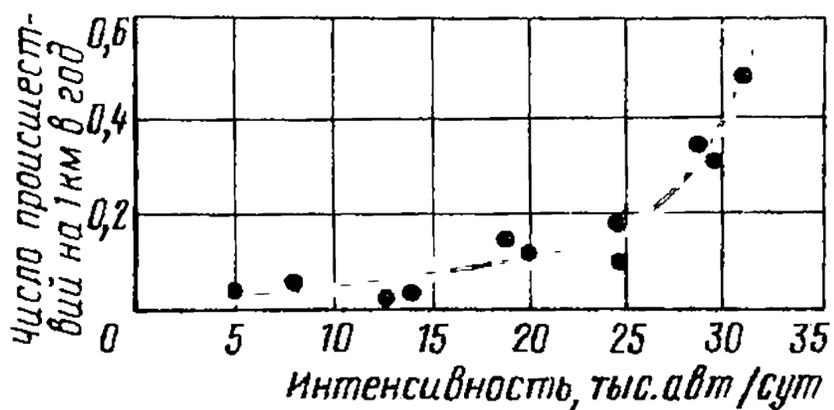


Рис. 4.11. Зависимость относительного количества дорожно-транспортных происшествий на автомобильной магистрали от интенсивности движения при разделительной полосе шириной 5 м

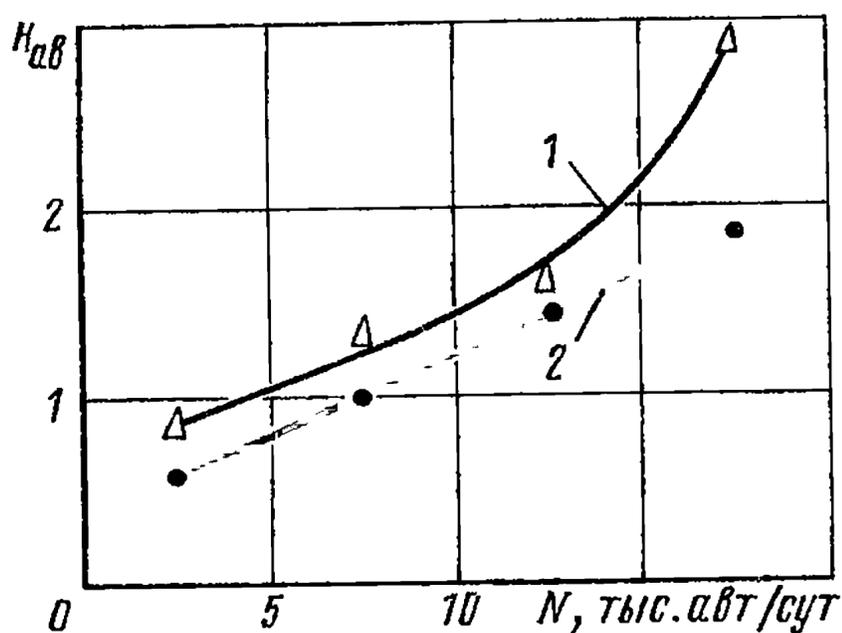


Рис. 4.12. Относительное количество происшествий на дорогах с четырьмя полосами движения:

1 — при отсутствии разделительной полосы; 2 — при наличии разделительной полосы

Результатом является значительное увеличение числа дорожно-транспортных происшествий из-за столкновений автомобилей, заезжающих при обгоне на резервную полосу или попадающих на нее при заносах в периоды гололедицы.

Обобщение многочисленных данных различных стран о происшествиях на дорогах с разным числом полос движения дает следующие осредненные значения влияния числа полос движения и конструкции проезжей части по сравнению с числом происшествий на дорогах с двумя полосами движения:

Две полосы движения . . . . .	1
Три » » . . . . .	1,5
Четыре без разделительной полосы . . . . .	1,5
То же с разделительной полосой, без полного устранения пересечений в одном уровне . . . . .	0,65
То же с ограждением на разделительной полосе . . . . .	0,55
То же с пересечениями в разных уровнях . . . . .	0,30

вают разделительные полосы шириной 11—12 м, чтобы в дальнейшем, сужая их, уширить каждую проезжую часть на полосу движения.

Количество дорожно-транспортных происшествий, связанных с переездом через разделительные полосы, возрастает по мере роста интенсивности движения (рис. 4.11). Поэтому при высоких интенсивностях движения (в России более 20—30 тыс. авт/сут) по оси разделительной полосы устанавливают прочные ограждения, предотвращающие заезд автомобиля на проезжую часть для встречного движения.

В последние годы в России дорожно-эксплуатационные организации в массовом порядке уничтожают разделительные полосы на автомобильных магистралях, укладывая на их месте дорожную одежду. Вместо разделительной полосы на проезжей части выделяют разметкой резервную зону шириной 2—4 м. Поводом для этого мероприятия, резко увеличивающего опасность дорожно-транспортных происшествий, является сложность зимней снегоочистки и уборки с дороги грязи летом. Ре-

Эти значения коэффициентов соответствуют нормальным для каждого из указанных типов дорог частично связанным режимам движения. При неполной насыщенности многополосных дорог потоками автомобилей количество происшествий уменьшится. На рис. 4.12 представлены отношения количества происшествий на 1 млн авт/км на автомобильных магистралях при разной интенсивности движения, выраженные в долях числа происшествий при интенсивностях от 5 до 10 тыс. авт/км на магистралях с разделительной полосой. Из графика ясно положительное влияние наличия разделительной полосы на обеспечение безопасности движения.

#### 4.5. Влияние расстояния видимости

Видимость дороги перед автомобилем на расстоянии, необходимым для остановки перед препятствием на полосе движения или для постепенного снижения скорости и его последующего объезда, является одним из важнейших показателей безопасности движения и устанавливаемой на дороге средней скорости движения. При этом имеется в виду не нормативная видимость для дорог разных категорий, предусматривающая экстренные действия водителя в возникшей сложной ситуации, а видимость, необходимая для спокойного выполнения маневра без повышенной напряженности, соответствующей сложившемуся режиму движения на предшествующем участке дороги. С недостаточной видимостью обычно бывают связаны столкновения при обгонах на кривых в плане и продольном профиле. Особенно опасны отдельные участки с недостаточной видимостью на дорогах, обеспечивающих на большей части протяжения высокие скорости движения.

Данные многочисленных зарубежных и советских исследований показывают, что недостаточная видимость в плане менее отражается на количестве дорожно-транспортных происшествий, чем недостаточная видимость в продольном профиле (рис. 4.13).

Коэффициенты аварийности, учитывающие фактическое расстояние видимости, равны:

Видимость, м . . . . .	30	50	100	150	200	250	350	400	500
$K_{ав}$ в плане . . . . .	4,5	3,6	3,0	2,7	2,25	2,0	1,45	1,2	1,0
$K_{ав}$ в продольном профиле . . . . .	6,0	5,0	4,0	3,4	2,5	2,4	2,0	1,4	1,0

Строительные нормы и правила проектирования дорог требуют для современного движения обеспечения на дорогах следующей видимости:

Расчетная скорость, км/ч . . . . .	30	40	50	60	80	100	120	150
Расчетная видимость, м, не менее:								
встречного автомобиля . . . . .	90	110	130	170	250	350	450	
препятствия на дороге . . . . .	45	55	75	85	150	200	250	300

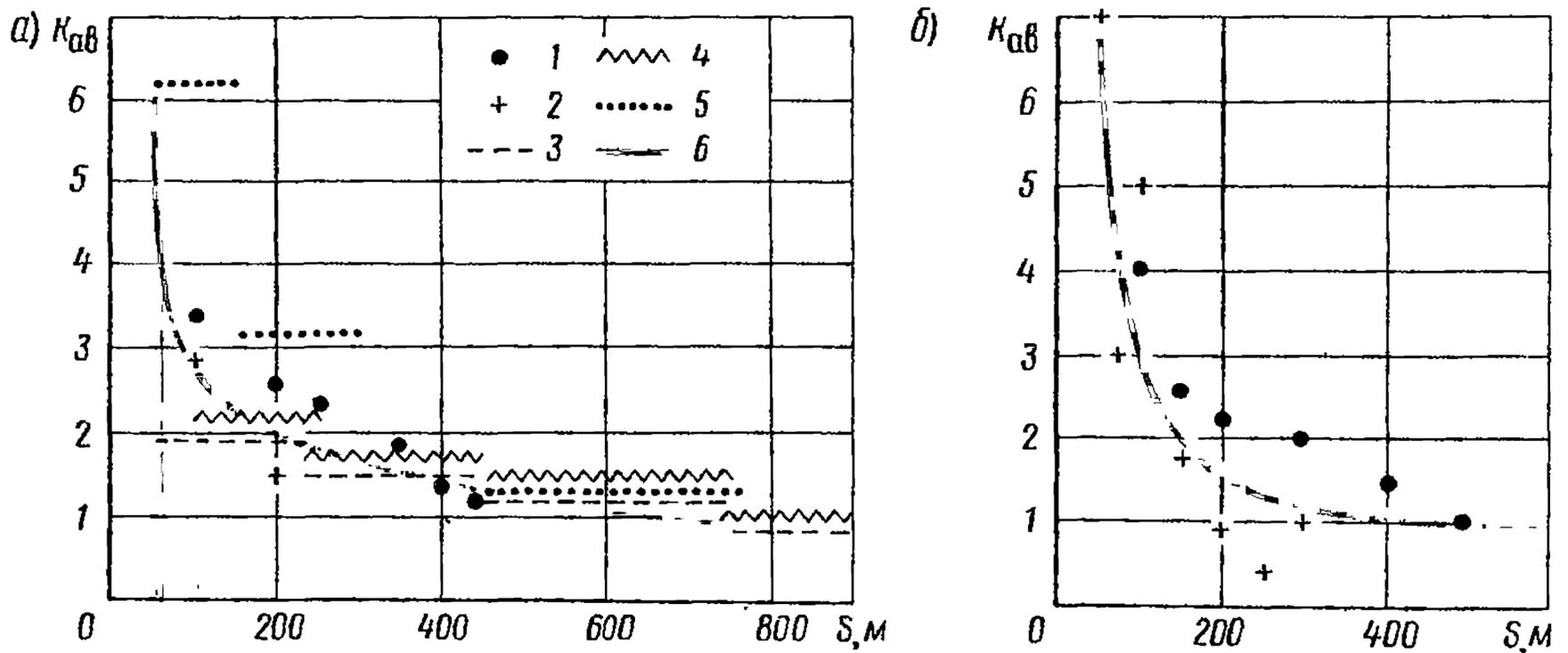


Рис. 4.13. Зависимость относительного количества дорожно-транспортных происшествий от расстояния видимости:

а — в плане; б — в продольном профиле по данным:

1 — Ю. Ситникова (Россия); 2 — А. Васильева (Россия); 3 — Т. Юнга (США); 4 — П. Коннели (Великобритания); 5 — С. Гольдберга (Франция); 6 — средним

Естественно, что многие старые дороги этим нормам не удовлетворяют. Поэтому обеспечиваемое расстояние видимости является одной из важнейших характеристик безопасности движения.

В современном проектировании дорог за рубежом исключительно большое значение придают обеспечению видимости из условия обгона, соответствующей частично связанным режимам движения транспортных потоков. Считают, что при расчетной скорости 100 км/ч не менее 50% общей протяженности дороги должно обеспечивать видимость из условия обгона, равную примерно 650 м. При расчетной скорости 80 км/ч не менее чем на 35% протяженности дороги видимость должна быть не менее 525 м, а при скорости 60 км/ч более 25% протяжения должно иметь видимость 400 м.

Обязательным элементом при оценке транспортно-эксплуатационных характеристик дороги стал график изменения видимости по протяженности дороги.

При его построении на продольном профиле, представляющем волнистую линию, последовательно откладывают из точек расположения глаз водителя на каждом пикете или характерном переломе придорожного профиля касательные к возвышающимся элементам рельефа. На рис. 4.14 для большей ясности чертежа показаны только характерные линии. Строят график расстояния видимости и выявляют зоны невидимости препятствий, скрытые от взгляда водителей. Они таят большую опасность дорожно-транспортных происшествий. Большие расстояния видимости, соблюдаемые при проектировании новых дорог, не входят в противоречия с физической возможностью увидеть автомобиль на таких расстояниях. Днем в ясную погоду человек с нормальным зрением видит грузовые автомобили на расстоянии до 1600 м, автобусы — до 1800 м и легковые —

до 1300 м. Большое значение имеет контрастность окраски автомобиля и фона, на который он проецируется при взгляде водителя. Летом снижается видимость зеленоватых, серых и просто запыленных автомобилей, зимой — светло-серого и бежевого цветов. В дожди и снегопады видимость дороги для водителя ухудшается из-за помутнения ветрового стекла в зоне, не очищаемой щетками.

Несмотря на большие значения видимости для обеспечения безопасности движения, в практике проектирования и эксплуатации дорожные организации не уделяют этому вопросу должного внимания, о чем свидетельствует ряд характерных примеров, показанных на рис. 4.15:

не устраивают срезки видимости на внутренних откосах выемок и у кривых малых радиусов, располагают у них декоративные аллеиные насаждения (рис. 4.15, а);

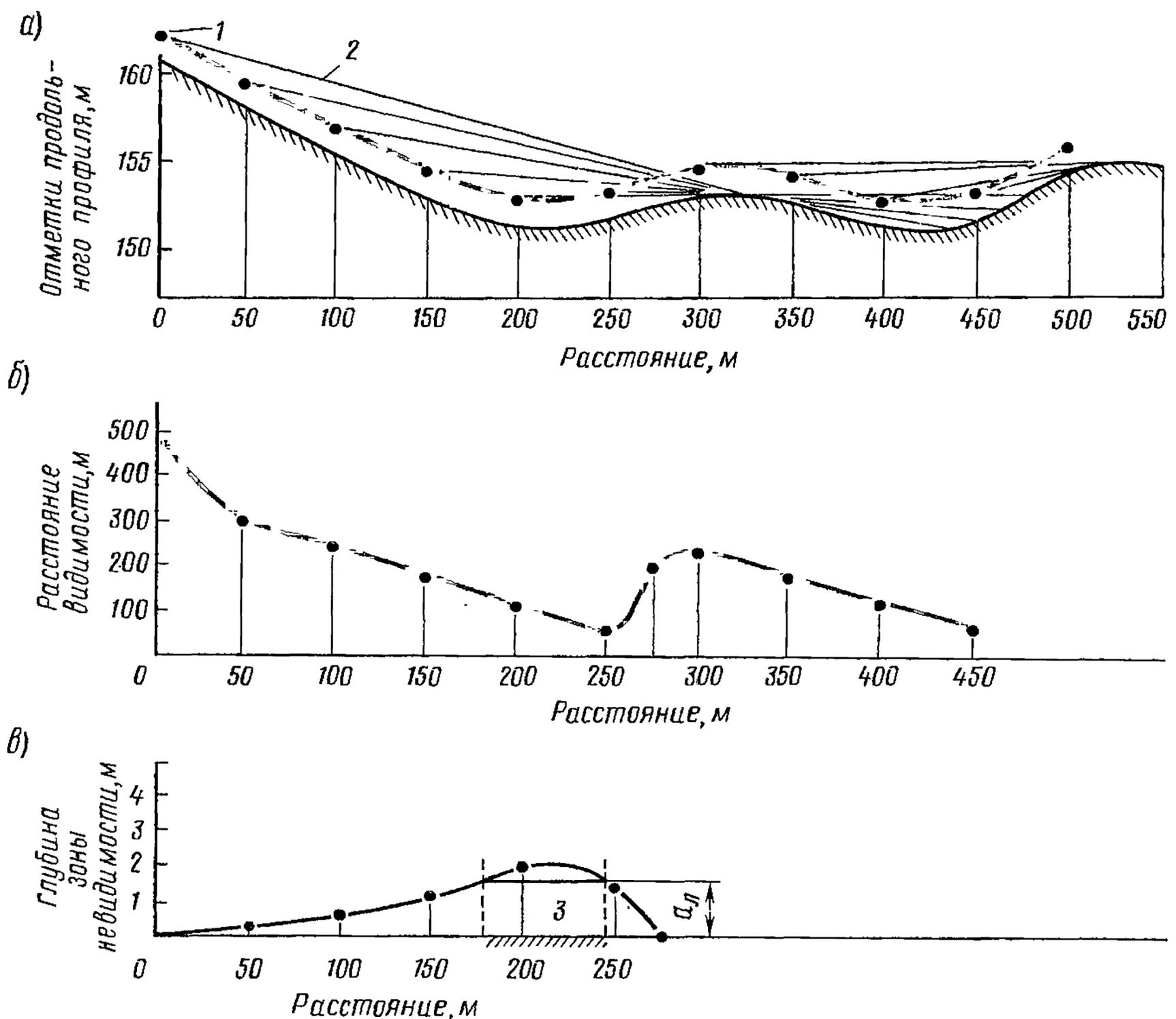


Рис. 4.14. Построение графика видимости на дороге:

а — лучи зрения водителя при движении по дороге; б — изменение расстояния видимости при движении; в — глубина зоны невидимой водителем; 1 — положение глаза водителя; 2 — луч зрения

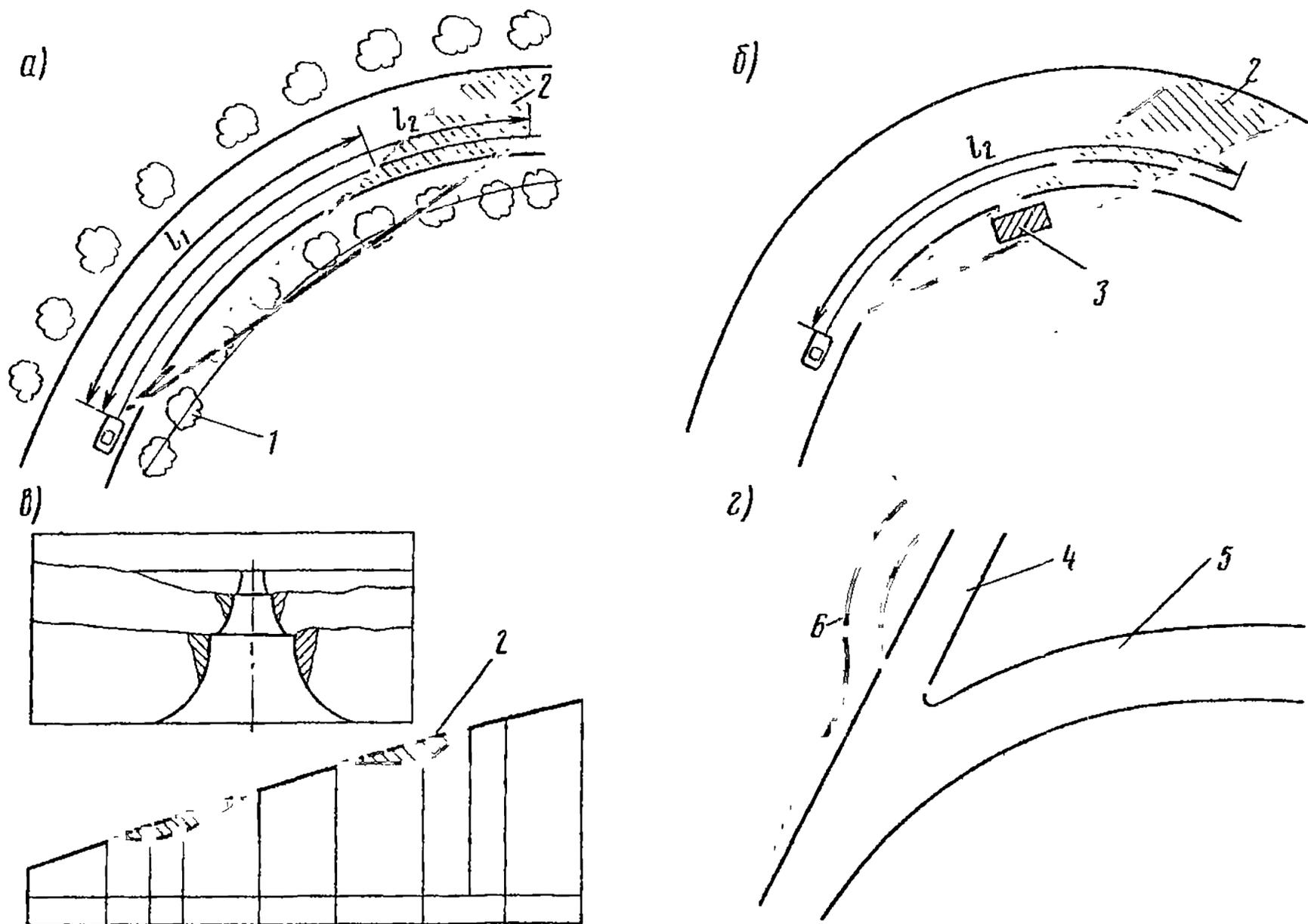


Рис. 4.15. Типичные примеры нарушения требований к обеспечению видимости, способствующие возникновению дорожно-транспортных происшествий:

а — ограничение видимости посадками; б — ограничение видимости неправильным размещением автобусных остановок; в — нарушение требований вписывания вертикальных кривых; г — невидимый издали поворот основной дороги;

1 — неправильное расположение посадок; 2 — зона отсутствия видимости; 3 — павильон автобусной остановки; 4 — существующая дорога; 5 — поворачивающая основная дорога; б — изменение места примыкания подъезда

на пересечениях и примыканиях дорог размещают павильоны автобусных остановок, будки автоинспекции, декоративные посадки и статуи так, что они закрывают видимость (4.15, б);

продольный профиль проектируют, а иногда строители, отступая от проектов, отсыпают земляное полотно насыпью, параллельной естественной поверхности земли, нарушая требования к вписыванию вертикальных кривых (рис. 4.15, в). На дорогах IV и V категорий видимость нередко не превышает 60—100 м. В результате этого происходят столкновения легковых автомобилей при попытках обгона грузовых автомобилей, преодолевающих подъемы с пониженной скоростью;

на больших по протяженности прямых участках дороги допускают местные (на коротких участках) понижения продольного профиля, зрительно сливающиеся издали с продолжением дороги. Остановившийся в них автомобиль или ведущиеся дорожные работы можно увидеть лишь в момент, когда уже трудно осуществить торможение;

при реконструкции дорог часто допускают, устраивая обходы крупных населенных пунктов, невидимые издали крутые повороты основной дороги в сторону, не перестраивая становящийся подъездом к населенному пункту участок старой дороги. Нередко, особенно ночью, водители принимают его за основную дорогу и при запоздавшем осуществлении поворота случаются дорожно-транспортные происшествия. Правильное решение примыкания, показанное на рис. 4.15,г, требует перестройки участка старой дороги, маскировки ее растительными посадками или установки на проезжей части видимых издали знаков направления поворота.

В большинстве перечисленных случаев обеспечение видимости не представляет никакой трудности и может быть осуществлено силами дорожно-эксплуатационных организаций.

Ограничения видимости часто создаются также на пересечениях в разных уровнях для водителей, автомобилей, следующих в прямом направлении, из-за неудачной конструкции путепроводов пересекающих дорог — близким расположением к проезжей части массивных устоев с конусами, наличием промежуточных опор на разделительной полосе. В этом отношении наиболее удачную конструкцию имеют часто применяемые в последнее время рамные железобетонные путепроводы (рис. 4.16 а) по так называемому

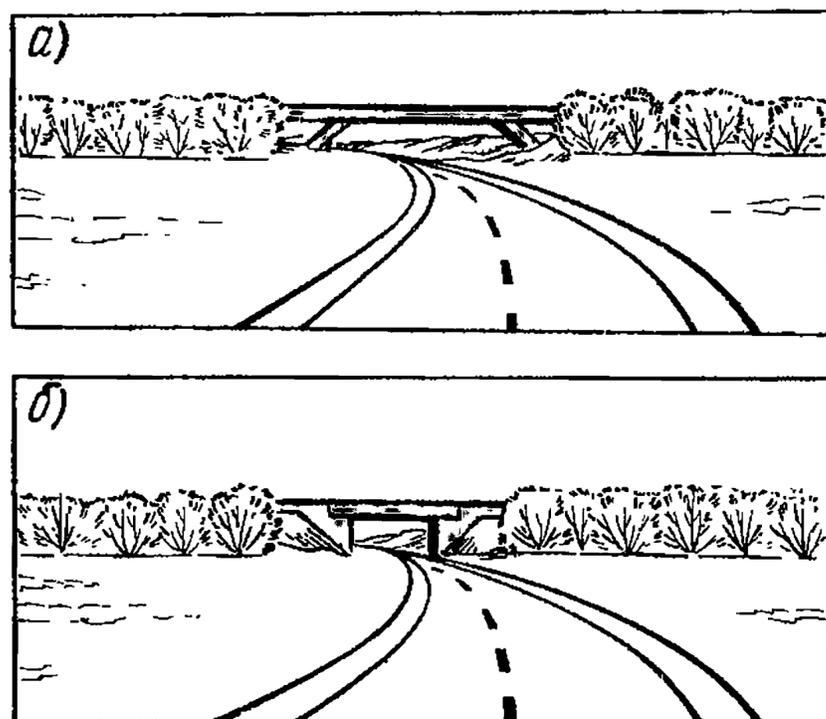


Рис. 4.16. Конструкции путепроводов через автомобильную магистраль:

а — путепровод не ограничивает видимость; б — путепровод ограничивает видимость и создает опасность происшествий

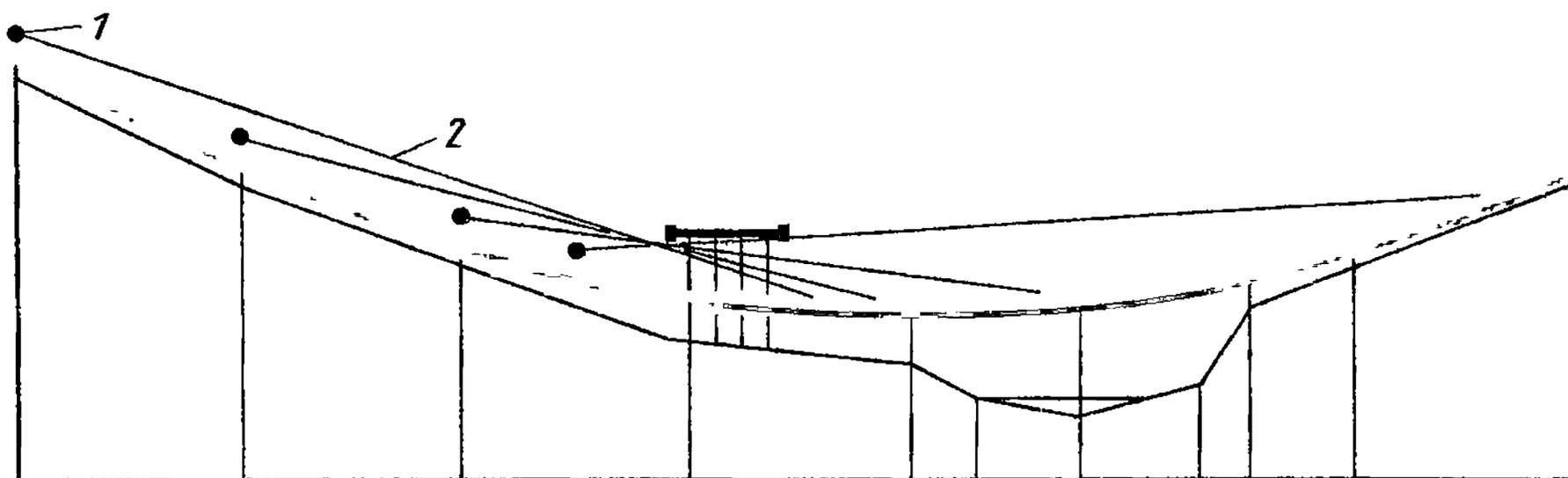


Рис. 4.17. Ограничение видимости дороги на вогнутых вертикальных кривых путепроводом пересекающей дороги:

1 — точка зрения; 2 — луч зрения

типу «бегущая лань». Особенно неудачны случаи расположения путепроводов на вогнутых кривых, где их пролетное строение ограничивает видимость дороги водителям (рис. 4.17). Улучшить в таких случаях условия видимости без капитальной перестройки дороги невозможно.

#### **4.6. Влияние продольных уклонов и радиусов кривых в плане**

Дорожно-транспортные происшествия на участках дорог, имеющих большие продольные уклоны, бывают связаны с особенностями складывающихся на них режимов движения.

Для крутых подъемов и спусков характерны следующие виды происшествий:

столкновения спускающихся автомобилей с автомобилями, вышедшими на обгон на подъеме (24% общего числа происшествий на участках дорог, имеющих большие продольные уклоны);

съезд с дороги из-за порчи тормозов или чрезмерной скорости на спуске (40%);

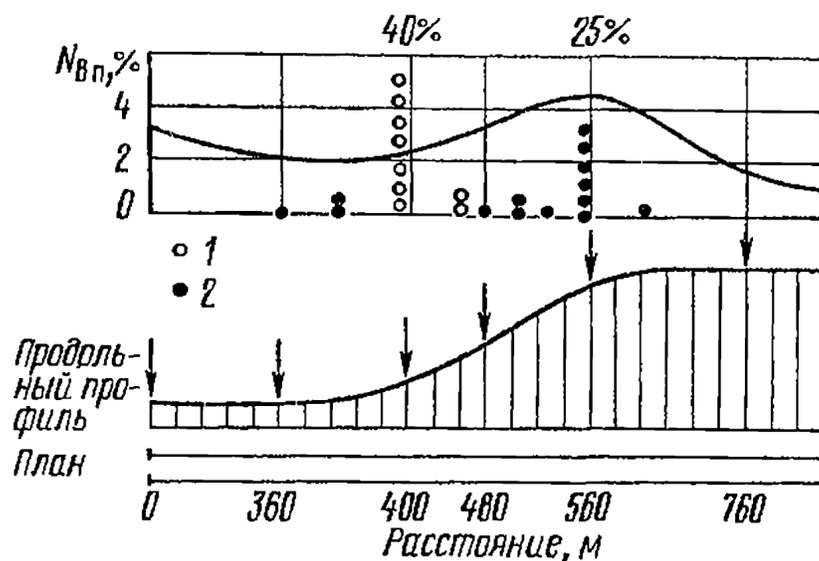
столкновение идущего на подъем автомобиля с встречным при обгоне грузовых автомобилей, значительно снижающих скорость на подъеме, или объезде остановившихся (18%).

Количество происшествий, связанных с автомобилями, движущимися под уклон, в 1,5—3 раза больше, чем с идущими на подъем, причем разница в условиях движения начинает сказываться уже при малых продольных уклонах. По данным Е. Иноуэ, на японских автомобильных магистралях на равное количество автомобиле-километров пробега количество происшествий при движении на спуске в 3 раза больше, чем при движении на подъем при уклоне 40‰, в 1,7 раза при уклоне 30‰ и в 1,4 раза при 20‰. Это объясняется увеличением длины тормозного пути на спусках при необходимости экстренного торможения и со случаями отказа тормозов, составляющих 40% от всех происшествий, вызванных неисправностями автомобилей. На крутых затяжных спусках этот процент еще выше.

Дорожно-транспортные происшествия на участках с большими продольными уклонами происходят в верхней части подъемов и сразу за вершинами выпуклых вертикальных кривых, а также в нижней части спусков, на вогнутых переломах продольного профиля, на которые автомобили въезжают, развив высокие скорости (рис. 4.18). Происшествиям способствует повышенная скорость автомобилей в нижней части вогнутых вертикальных кривых, которая требует более широкой проезжей части. Однако предусматриваемое СНиП уширение проезжей части на 1—0,5 м на существующих дорогах отсутствует, что осложняет условия разъезда встречающихся автомобилей. Статистические данные о влиянии продольных уклонов на количество происшествий наглядно показывают рост

Рис. 4.18. Места сосредоточения дорожно-транспортных происшествий на участках с большими продольными уклонами:

*а* — дорожно-транспортные происшествия на спуске; *б* — то же на подъеме;  $N_{вп}$  — количество автомобилей, выезжающих на встречную полосу движения



числа дорожно-транспортных происшествий с увеличением крутизны продольных уклонов. Однако в этом случае динамические качества автомобилей и степень организованности движения приводят к большому разбросу опытных точек на графике (рис. 4.19); при построении которого за единицу было принято количество происшествий на уклонах 40‰.

Тем не менее, используя средние значения статистических данных разных исследователей, можно рекомендовать следующие значения коэффициентов, учитывающих влияние уклонов на безопасность движения:

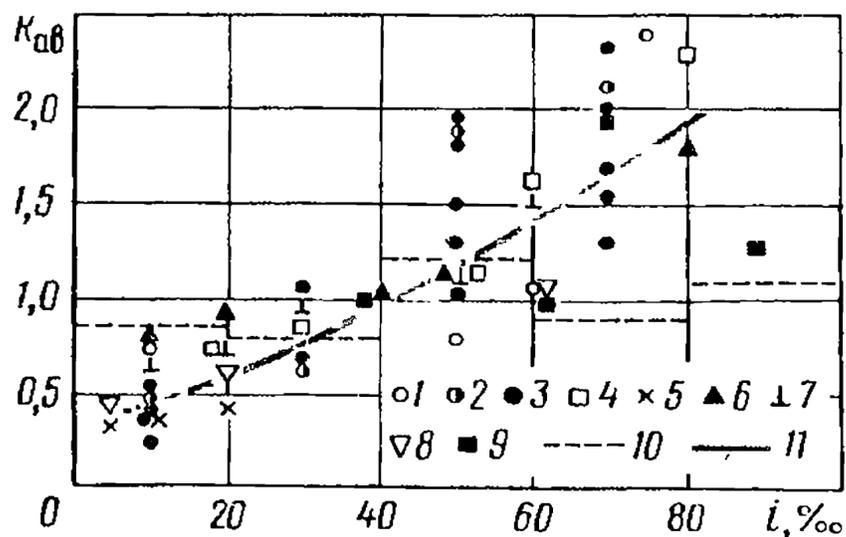
Продольный уклон, ‰	20	30	40	50	70	80
Коэффициент влияния уклона	1	1,30	1,75	2,5	3	4

Участки кривых в плане являются при малых радиусах местами сосредоточения дорожно-транспортных происшествий. На них возникает 10—12% общего их количества. Вероятность возникновения происшествий тем выше, чем меньше их радиус. На рис. 4.20 сопоставлены статистические данные многочисленных исследований, выполненных в ряде стран.

При установлении коэффициентов относительного влияния радиусов кривых в плане за единицу принимали количество происшествий при радиусе 2000 м, так как условия движения автомобилей по кривым таких радиусов практически не отличаются от

Рис. 4.19. Зависимость относительного количества дорожно-транспортных происшествий от продольного уклона по данным:

1 — А. Васильева (Россия); 2, 3, 4 — Ф. Битцля (ФРГ) для автомобильных магистралей — прямых участков и кривых разных радиусов, для дорог с двумя полосами движения; 5 — Дж. Уордроп (Великобритания); 6 — В. Варлашкина (Россия); 7 — А. Н. Нечаева (Россия); 8 — Т. Эдамуры (Япония); 9 — А. Зильбербрандта (Россия); 10 — Г. Кнофлехера (Австрия); 11 — средние значения



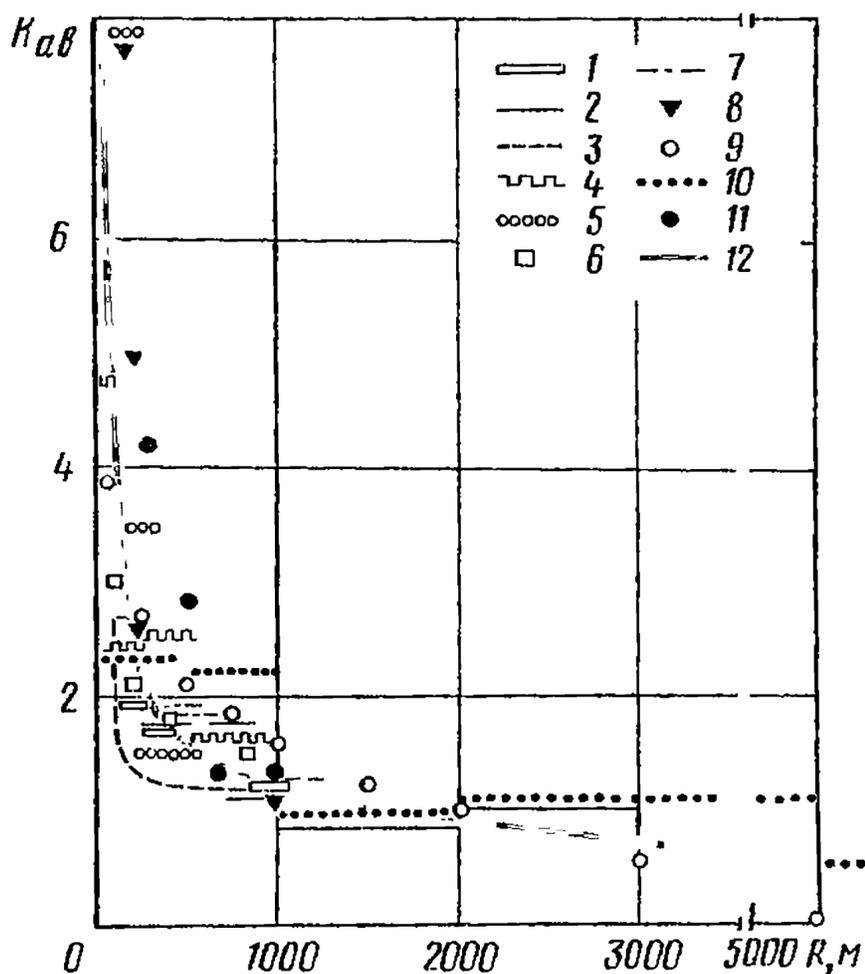


Рис. 4.20. Зависимость относительного количества дорожно-транспортных происшествий от радиуса кривых в плане по данным:

1 — Т. Коберна (Великобритания); 2 — Ф. Битцля (ФРГ); 3 — Т. Балоба (Венгрия); 4 — Т. Эдамуры (Япония); 5 — норвежским; 6 — М. Раффа (США); 7 — США; 8 — А. Васильева (Россия); 9 — В. Бабкова (Россия); 10 — Т. Тамбурри и Ч. Хаммера (США); 11 — А. Н. Нечаева (Россия); 12 — средним

условий движения по прямым участкам. Так как не во всех случаях имелись данные, относящиеся к такому радиусу, коэффициенты вычисляли по отношению к наибольшему радиусу, которому присваивали коэффициент, установленный как среднее из данных других исследований.

Относительные количества происшествий по данным разных исследователей мало отличаются от средней кривой гиперболического очертания. Для отдельных интервалов осредненные значения относительных коэффициентов имеют следующие значения:

Радиусы кривых в плане	≤ 50	100—150	200—300	400—600	1000—2000	≥ 2000
$K_{\text{без}}$	5,4	4,6	2,25	1,6	1,25	1

Быстрый рост количества дорожно-транспортных происшествий при радиусах менее 600 м чаще всего является следствием несоответствия обеспечиваемых ими скоростей скоростям въезда на них с предшествующих участков. Наблюдения показали, что такие кривые проезжаются с переменной скоростью, уменьшающейся до середины кривой, затем вновь возрастающей. При малых радиусах скорость на кривых снижается, а водители начинают делать попытки срезать кривые для сглаживания траектории движения.

Особенно опасные участки создаются при расположении кривых в плане в конце затяжных спусков. Такие случаи, хотя и неудачные с точки зрения режимов движения, складывающихся на таких участках, часто связаны с условиями рельефа горной местности. Для снижения опасности дорожно-транспортных происшествий необходимо вводить кривые в плане возможно больших радиусов, желательно не менее следующих:

Уклон спуска, %	10	20	30	40	50
Минимальный радиус кривой, м	400	1000	2000	3000	4000

На дорогах с тремя полосами движения на кривых с радиусами менее 600 м начинает проявляться тенденция водителей «срезать кривые» при проезде, что иногда приводит при недостаточной видимости к встречным столкновениям.

Количество происшествий на дорогах с тремя полосами движения больше, чем на дорогах с двумя полосами движения, в тем большей степени, чем меньше радиус кривой:

Радиус кривой, м . . . . .	600	600—300.	300—200	≤ 200
Отношение коэффициентов поверхности трехполосных дорог к двухполосным . . . . .	1	1,3	1,25	2,1

Безопасность движения по кривым определяется суммарным влиянием радиуса, поперечного уклона проезжей части и коэффициентом сцепления шин с покрытием. Поэтому приведенные статистические данные следует рассматривать как относящиеся к некоторым средним условиям. Влияние частоты расположения кривых и величины углов поворота рассмотрено далее более детально в гл. 5.

#### 4.7. Влияние искусственных сооружений

Для уверенного управления автомобилем при движении с высокой скоростью водителю необходим некоторый мысленный пространственный коридор. Сужение его вызывает снижение скорости и повышает вероятность дорожно-транспортных происшествий. На восприятие водителями условий движения влияют искусственные сооружения, деревья, растущие на земляном полотне и вблизи дороги, столбы и дорожные знаки на обочинах.

Наблюдения показывают, что искусственные сооружения не оказывают влияния на скорость проезжающих автомобилей только в тех случаях, когда условия их проезда не отличаются от условия движения на подходах. В наибольшей степени этим требованиям удовлетворяют трубы, над которыми ширина дорожных покрытий и обочин не меняется. Однако это типично лишь для дорог, построенных сравнительно недавно.

Для старых дорог, на которых ширина проезжей части малых мостов равна, а часто и меньше ширины проезжей части на подходах, узкие тротуары и перила мостов с ездой поверху, расположенные непосредственно у края проезжей части, зрительно сужают дорогу, вызывая у водителей боязнь задеть за препятствия. Смещение траектории движения автомобиля к оси проезжей части повышает риск столкновения с встречными автомобилями, на который водители реагируют уменьшением скорости проезда. Опасность представляют просадки земляного полотна у въездов на мост, вызывающие резкое снижение скорости автомобилей.

Условия движения	Скорости автомобилей, км/ч			Увеличение скорости после реконструкции, км/ч (%)
	на примыкающих участках дорог	на мосту до реконструкции	на мосту после реконструкции	
Одиночные легковые автомобили	65,0	53,8	62,7	8,9 (11,7)
То же грузовые	58,0	48,0	55,0	7,8 (14,6)
Встречи на мосту	59,0	45	55,5	10,5 (23,4)

После Великой Отечественной войны, когда получили распространение сборные железобетонные сооружения, мосты малых и средних пролетов строят почти исключительно с ездой поверху. При движении по большим мостам и многим старым мостам с фермами с ездой понизу на водителей действует мелькание расположенной сбоку решетки ферм, а при проезде под путепроводами — ощущение нависающего над дорогой пролетного строения тем более сильное, чем шире проезжая часть пересекающей дороги.

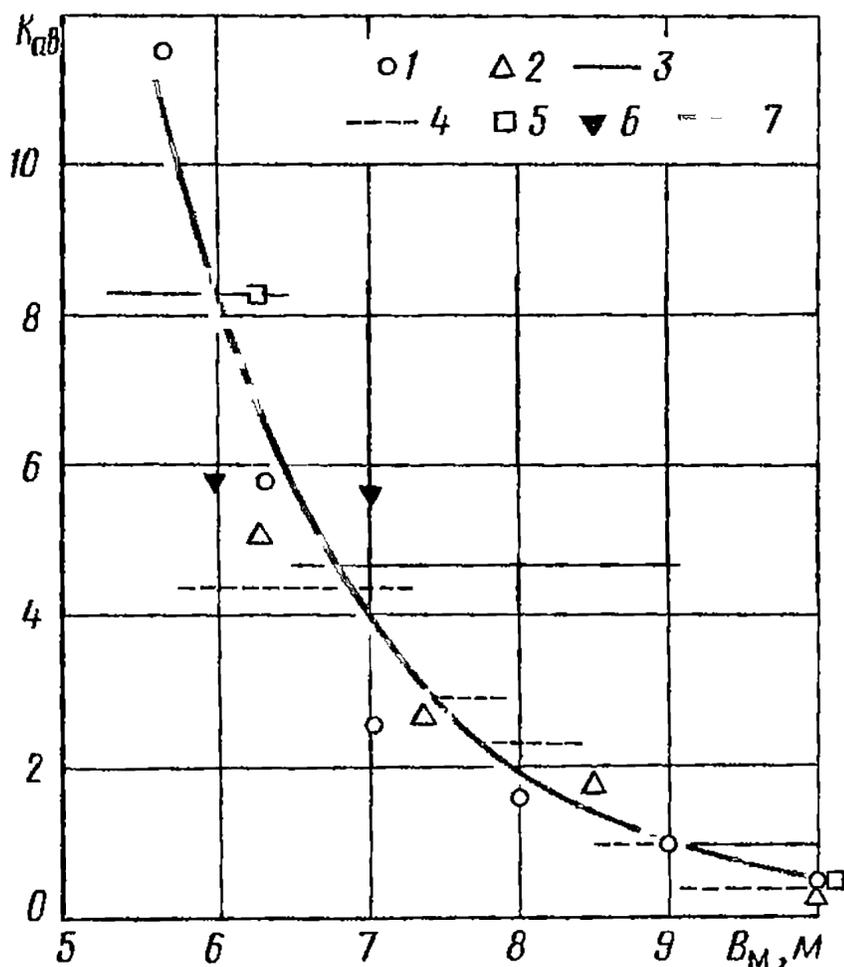


Рис. 4.21. Зависимость относительного количества дорожно-транспортных происшествий от приближения конструкций мостов к ширине проезжей части по данным:

1 — В. Бабкова; 2 — О. Дивочкина (Россия); 3 — AASHO (США); 4 — М. Раффа (США); 5 — Вильямса и Фритта (США); 6 — А. Зильбербрандта (Россия); 7 — средние значения;  $V_m$  — ширина проезжей части моста

При подъезде к мосту более узкому, чем проезжая часть дороги, возникает опасность наезда на устанавливаемые у бровок насыпей тумбы и ограждения, особенно если они не образуют длинной плавно сужающейся горловины, как бы направляющей транспортный поток на мост. Резко выраженная горловина или расположение надолб у входа на мост перпендикулярно оси дороги издали зрительно сужает въезд на мост и вызывает сильное снижение скоростей.

Большое влияние соотношения между шириной моста и примыкающей к нему дороги иллюстрируется примером наблюдений за скоростями проезда через мост по дороге с шириной проезжей части 7 м до и после реконструкции моста и увеличением ширины проезжей части с 7 до 12,8 м (табл. 4.1).

На рис. 4.21 показана зависимость относительного количества

дорожно-транспортных происшествий от приближения конструкций мостов к двухполосной проезжей части шириной 7 м. Данные свидетельствуют, что тротуары и перила на мостах не влияют на безопасность движения только в тех случаях, когда они не сокращают ширины земляного полотна.

Соответствующие коэффициенты влияния ширины мостов имеют следующие значения:

Ширина проезжей части моста по отношению к проезжей части дороги . . . . .	меньше	равна	шире	шире
	на 1 м		на 1 м	на 2 м
Коэффициент влияния ширины . . . . .	6	3	1,5	1,0

Эти же зависимости могут быть использованы и для оценки опасности стеснения проезжей части дороги различными сооружениями, а также рядом автомобилей, стоящих в населенных пунктах на обочинах.

#### 4.8. Влияние крутизны откосов насыпей и препятствий на придорожной полосе

Неисправность рулевого управления, занос при крутом повороте на скользкой дороге, объезд препятствия, предупреждение наезда на неожиданно появившегося пешехода или стремление избежать столкновения с выехавшим на полосу движения встречным автомобилем могут приводить к выездам автомобилей с полотна дороги на прилегающую полосу местности. Примерно 20—40% общего числа таких случаев завершаются опрокидыванием автомобиля. Количество съездов тем больше, чем уже обочины, что характеризуется коэффициентами аварийности, приведенными в § 4.3.

Особенно опасны кривые малых радиусов и крутые продольные уклоны. Съезды с дороги, иногда завершающиеся наездами на препятствия на придорожной полосе, часто имеют тяжелые последствия. Поэтому для дорожного строительства последних десятилетий характерно стремление к устройству земляного полотна с округленными очертаниями откосов, плавно сопрягающихся с поверхностью придорожной полосы. Вызванный первоначально архитектурно-эстетическими соображениями отказ от крутых откосов, заложение которых ранее назначали только исходя из условия устойчивости земляного полотна, и переход к пологим откосам выявил ряд их преимуществ с точки зрения обеспечения безопасности движения, так как замена глубоких канав мелкими лотками позволяет автомобилям, потерявшим управляемость, при пологих откосах съезжать с насыпи (рис. 4.22).

В России идея устройства поперечных профилей, обеспечивающих возможность съезда с дороги на придорожную полосу, была реали-

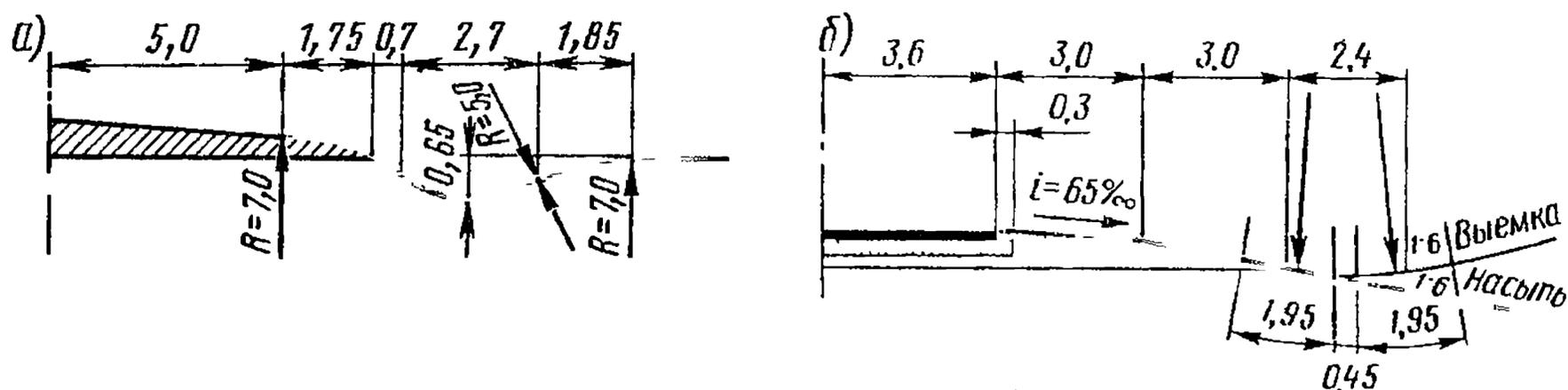


Рис. 4.22. Поперечные профили дороги в нулевых отметках, обеспечивающие безопасный съезд с дороги:

а — военно-автомобильной дороги периода Великой Отечественной войны; б — рекомендованные по испытаниям фирмы «Дженерал моторс»

зована впервые в 1943 г. в Технических правилах на строительстве военных автомобильных дорог (рис. 4.22, а).

В США на основе большого объема опытов, проведенных фирмой «Дженерал моторс» на испытательном полигоне, по изучению безопасности переезда боковых канав разных очертаний дистанционно управляемыми автомобилями были рекомендованы поперечные профили с канавами, имевшими очень пологие откосы 1:6 и ширину дна около 2 м при очертании дна по окружности большого радиуса.

На рис. 4.22, б показан типовой поперечный профиль, принятый в США для насыпей с высотой не более 4,6 м. В России типовые поперечные профили земляного полотна предусматривают для насыпей высотой 2 м откосы не круче 1:4 на дорогах I—III категорий и 1:3 для дорог остальных категорий. Однако экономия ценных земель и высокая стоимость отвода под строительство дорог земельных угодий приводит к тому, что большинство дорог строят с откосами 1:1,5.

Опасность крутых откосов связана с высотой насыпи и наличием около нее боковых канав. Если принять по данным В. П. Залуги и В. Я. Буйленко за 1 среднюю статистическую величину потерь от съезда автомобилей с насыпей высотой 1,5—2,5 м с откосами 1:1,5, то приведенные в табл. 4.2 коэффициенты относительной тяжести потерь при разных типах сопряжений земляного полотна с прилегающей местностью показывают существенные преимуще-

Таблица 4.2

Характеристика поперечного профиля	Высота насыпи, м		
	0,5—1,5	1,5—2,5	2,5—3,5
Бескюветный	0,29/0,06	0,81/0,12	1,07/0,18
С боковым резервом	0,46/0,09	0,93/0,21	1,14/0,28
С канавами	0,75/0,18	1,28/0,31	1,84/0,51

Примечание. В числителе данные для откоса 1:1,5, в знаменателе 1:4.

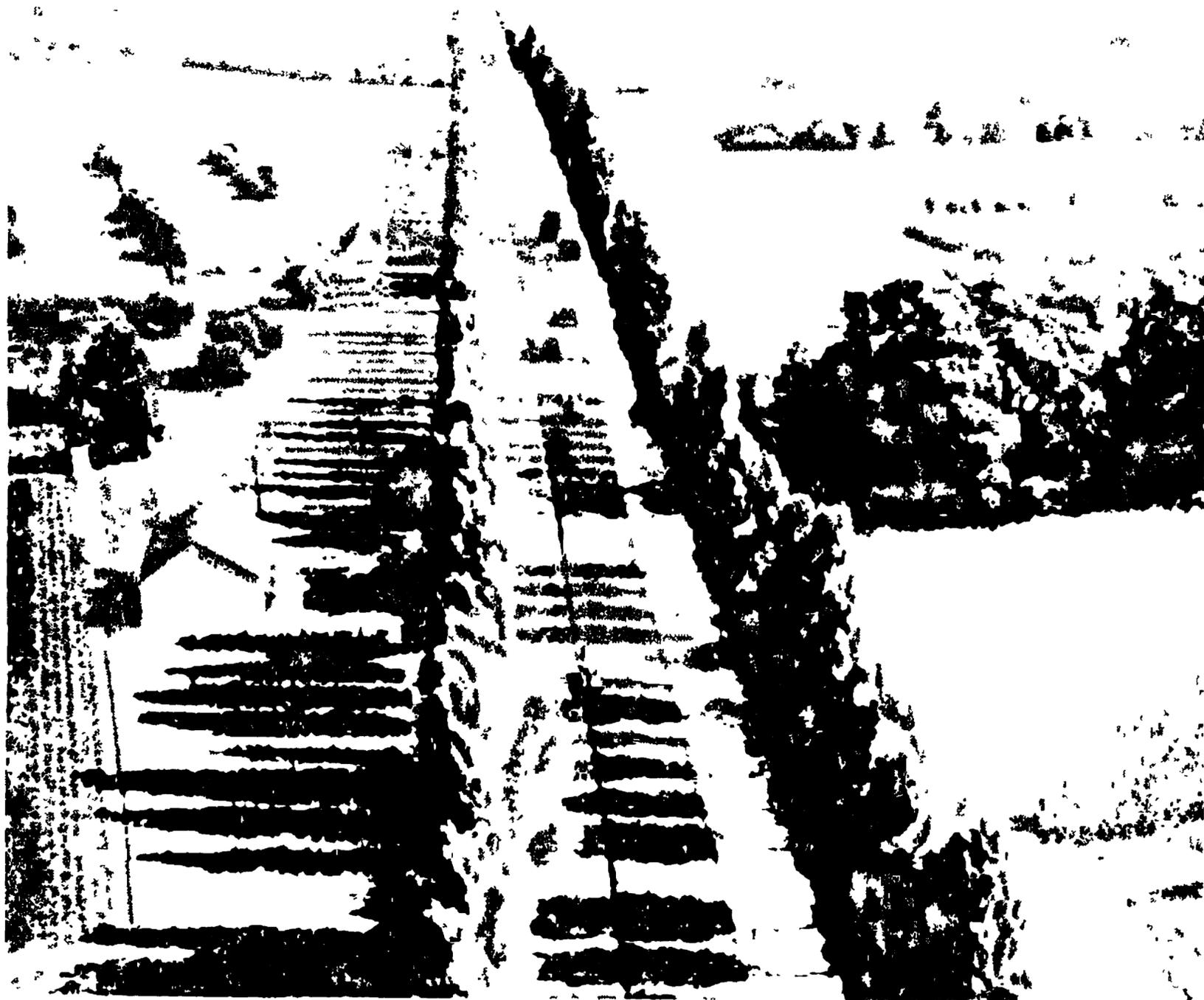


Рис. 4.23. Деревья на обочинах дороги (видно чередование затемненных и освещенных мест на проезжей части)

ства откосов крутизной 1:4 и большую опасность боковых канав. Преимущества пологих откосов очевидны, и при высокой стоимости прилегающих земель и их высоком плодородии устройство крутых откосов должно быть компенсировано установкой ограждений.

С наездами на препятствия связывают около 5% всех дорожно-транспортных происшествий, но каждое шестое из них имеет смертельные последствия.

Распределение количества наездов на разные препятствия зависит от района проложения дороги, ситуации местности, интенсивности и состава движения. Во многих районах страны, где на обочинах расположены аллеи насаждения, наибольшее количество наездов приходится на деревья, несколько меньшее — на перила мостов, опоры путепроводов и ограждения. В населенных пунктах много происшествий связано с наездами на опоры освещения, линий связи и электропередачи. Для горной местности типичны наезды на массивные парапеты, скальные откосы, свалившиеся на дорогу камни.

Большую опасность создают аллеи придорожные насаждения (рис. 4.23), расположенные на многих старых дорогах Белоруссии,

Украины, Прибалтики и Средней Азии на обочинах и у самой бровки земляного полотна. Деревья ограничивают боковую видимость и видимость на кривых в плане. Утром и вечером, когда солнце стоит низко над горизонтом, мелькание освещенных мест проезжей части, чередующихся с тенями от деревьев («зебра-эффект»), ухудшает видимость водителями дорожной обстановки.

Опасность неожиданного появления пешехода или животного из-за деревьев повышает напряженность работы водителя. При проводившихся в МАДИ опытах при въезде с открытого места на участок аллеи с деревьями, отстоящими на 0,8—1 м от проезжей части, у водителей возрастала частота пульса с 70 до 120 ударов в 1 мин, увеличивалась величина кожно-гальванической реакции. Через несколько минут пульс снижался до 75—85 ударов, но скорость движения уменьшалась тем сильнее, чем ближе были расположены деревья, а автомобиль смещался к середине полосы проезжей части (табл. 4.3).

Тяжесть происшествий при наездах на деревья зависит от их толщины:

Диаметр дерева, см . . . . .	< 20	20—40	> 40
Доля происшествий, % общего числа:			
со смертельным исходом . . . . .	20	32	41
с тяжелыми ранениями . . . . .	37	39	45
с легкими ранениями . . . . .	43	29	14

Помимо прямой опасности наезда автомобилей на деревья, опасность на обочинах создают падающие на покрытие сломанные сильным ветром сучья и ветви, а также опадающая осенью листва,

Т а б л и ц а 4.3

Расстояние от дерева до кромки покрытия, м	Расстояние от кромки покрытия до следа крайнего колеса, м		Скорость автомобиля, км/ч
	легкового автомобиля	грузового автомобиля	
0,65	1,65	1,30	45,0
1,00	1,55	1,25	50,0
1,50	1,50	1,15	55,0
2,50	1,45	1,03	58,0
3,00	1,35	1,00	61,0

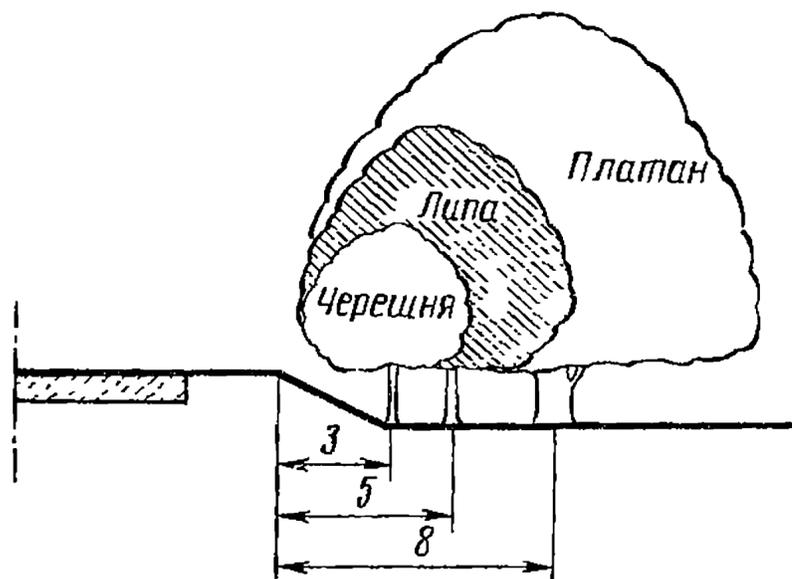


Рис. 4.24. Минимальное допустимое приближение к дороге деревьев разных пород

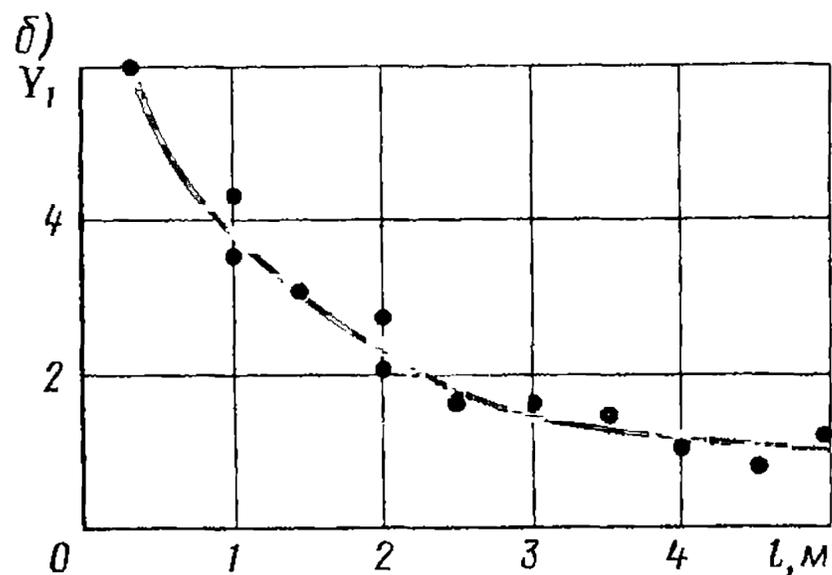
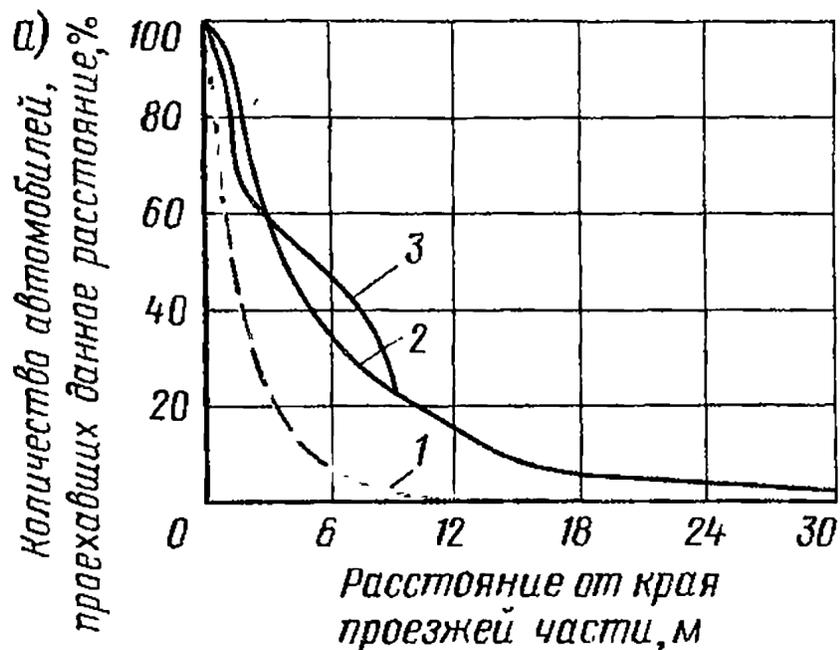


Рис. 4.25. Путь, проезжаемый по придорожной полосе съехавшим с дороги автомобилем (а), и зависимость числа дорожно-транспортных происшествий от наезда автомобилей на деревья на 1 млн авт-км от расстояния до деревьев от края проезжей части (б):

1 — данные В. Корнелла; 2 — то же фирмы «Дженерал моторс»; 3 — то же Дж. Хатчинсона

которая, попадая под тормозящие колеса, снижает коэффициент сцепления. Минимально допустимые в этом отношении расстояния от деревьев до земляного полотна показаны на рис. 4.24.

Чем дальше расположены препятствия на придорожной полосе от проезжей части, тем меньше при равных интенсивностях движения наблюдается количество наездов на них потерявших управление и съехавших с невысокого земляного полотна автомобилей (рис. 4.25). По мере удаления от дороги сила ударов при наездах снижается, а у водителя увеличивается возможность остановки автомобиля или объезда препятствия на своем пути. Считается, что при высоте насыпи до 1 м практически безопасно удаление одиночных препятствий на 9 м, а при большей высоте — на 15 м.

Большой тяжестью последствий отличаются наезды автомобилей на столбы и массивные предметы на обочинах. На автомобильных магистралях США 50% из них имеет смертельные исходы. Для смягчения последствий наездов на опоры были предложены многочисленные конструкции «ломающихся» опор, мачт уличного освещения, имеющих ослабленное сечение. Они должны выдерживать ветровые нагрузки, но ломаться при наезде автомобиля. Простейший способ ослабления деревянной опоры — просверливание в ней отверстий (рис. 4.26, а). Бетонные и металлические опоры обычно делают из двух частей, соединенных ломающимися болтами (рис. 4.26, б). При наезде с большой скоростью сломанная опора падает за автомобилем.

Особым случаем опасных мест на придорожной полосе являются каналы ирригационных систем (рис. 4.27), вдоль которых обыч-

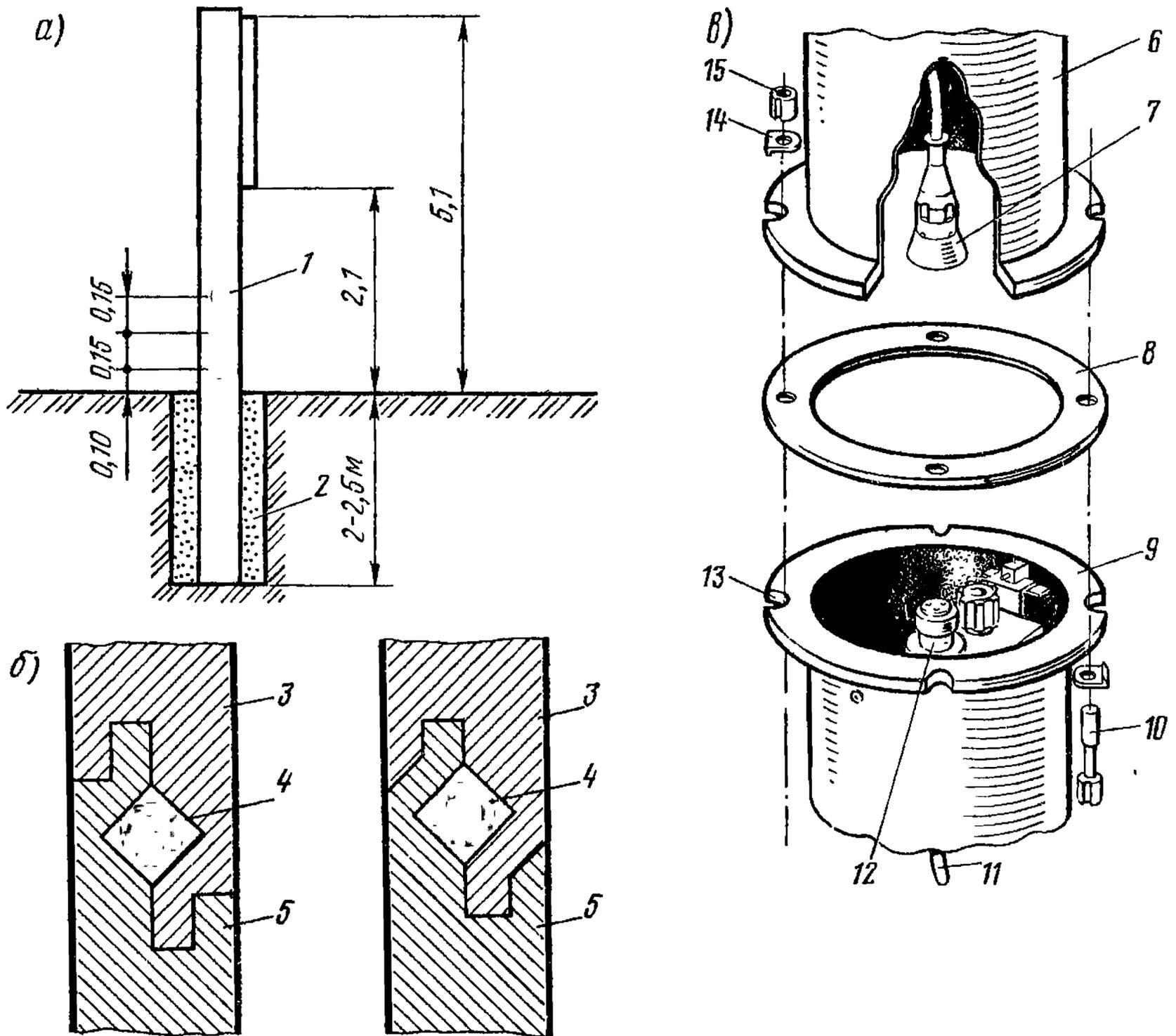


Рис. 4.26. Примеры ослабленных стоек и столбов:

а — деревянная стойка знака, ослабленная просверленными отверстиями; б — разные варианты замка в стыке сборной стойки; в — конструкция осветительной мачты, имеющей ослабленное сечение;

1 — отверстия диаметром 10 см; 2 — засыпка песком; 3 — верхняя часть стойки; 4 — закладной упругий элемент; 5 — нижняя часть стойки; 6 — верхняя часть мачты; 7 — разъем гибкой электрической проводки; 8 — стальное прокладочное кольцо; 9 — нижняя часть мачты; 10 — стяжные болты; 11 — электрическая проводка; 12 — нижняя часть разъемной электрической проводки; 13 — вырезы для болтов; 14 — шайба; 15 — гайка

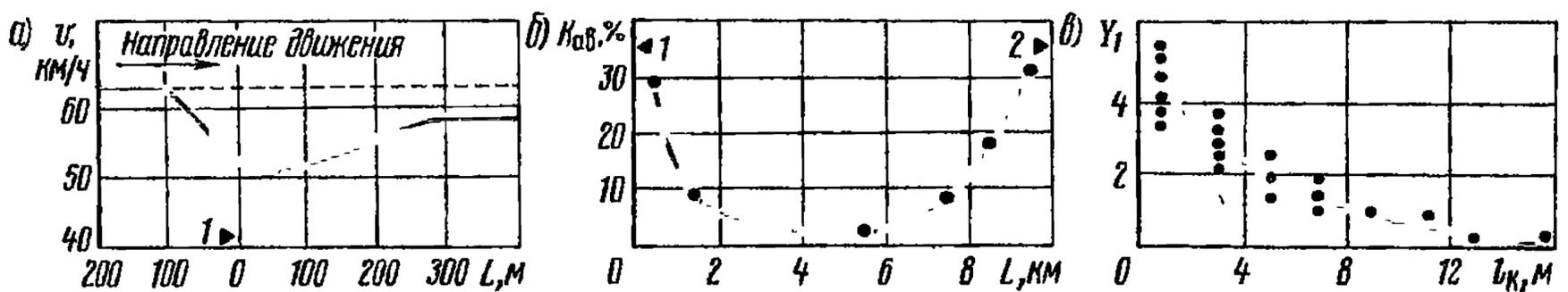


Рис. 4.27. Условия движения автомобилей на участках дорог, проходящих вдоль ирригационных каналов по данным А. Садырходжаева (Узбекистан):

а — скорости движения; б — сосредоточение дорожно-транспортных происшествий на конечных участках канала; в — зависимость числа дорожно-транспортных происшествий на 1 млн авт-км от расстояния дороги до канала

но проходят дороги. Глубина магистральных каналов достигает 3—4 м. Въезд на участок дороги, проходящий вдоль канала, повышает напряженность водителей и сопровождается ощутимым снижением скорости. Этот участок наиболее опасен, и на нем сосредотачиваются происшествия, вызванные невнимательностью водителей. Проехав некоторый участок, водители свыкаются с особенностями движения, и число происшествий уменьшается. Так как аналогичное явление происходит с встречным движением у другого конца участка дороги, график распределения количества происшествий по длине участка имеет характерное U-образное очертание (рис. 4.27, б). Чем дальше канал расположен от дороги, тем меньше опасность дорожно-транспортных происшествий. Рекомендуются, чтобы расстояние от дороги до каналов было не менее 12 м. Однако в связи с высокой ценностью земли в зонах искусственного орошения обеспечить такое удаление каналов от дороги не всегда оказывается возможным, так как отрезанную узкую полосу земли редко удается использовать в сельскохозяйственных целях.

#### **4.9. Участки дорог в пределах малых населенных пунктов**

Участки дорог в пределах малых населенных пунктов сельского типа, для которых основная часть проезжающих автомобилей являются транзитными, относятся к числу очень опасных. Многие старые магистральные дороги Москва — Санкт-Петербург, Москва — Харьков, Санкт-Петербург — Киев, Киев — Львов, построенные еще в прошлом столетии, на 22—30% своей протяженности проходят через населенные пункты. На некоторых магистральных дорогах Узбекистана эти цифры превышают 55%, а средние расстояния между населенными пунктами составляют лишь 0,5—2 км. Это объяснялось тем, что при конных перевозках преодолеваемое обозами за день расстояние было небольшим, а расположенные на дорогах частые населенные пункты обеспечивали ночлег и отдых. Однако и при строительстве новых дорог в первый период после окончания Великой Отечественной войны была характерна прокладка их через населенные пункты, позволявшая, наряду с обеспечением дальних перевозок, одновременно повышать и их благоустройство.

Практика эксплуатации показала, что участки дорог в населенных пунктах характеризуются большим числом происшествий. Пропуск транзитного движения осложняется движением конных повозок, тракторов и сельскохозяйственных машин, пешеходов, переходящих дорогу в любом месте, стоящими на обочинах у магазинов и административных зданий автомобилями. Недостаточное благоустройство населенных пунктов делает неосвещенную дорогу с усовершенствованным покрытием местом вечерних прогулок молодежи.

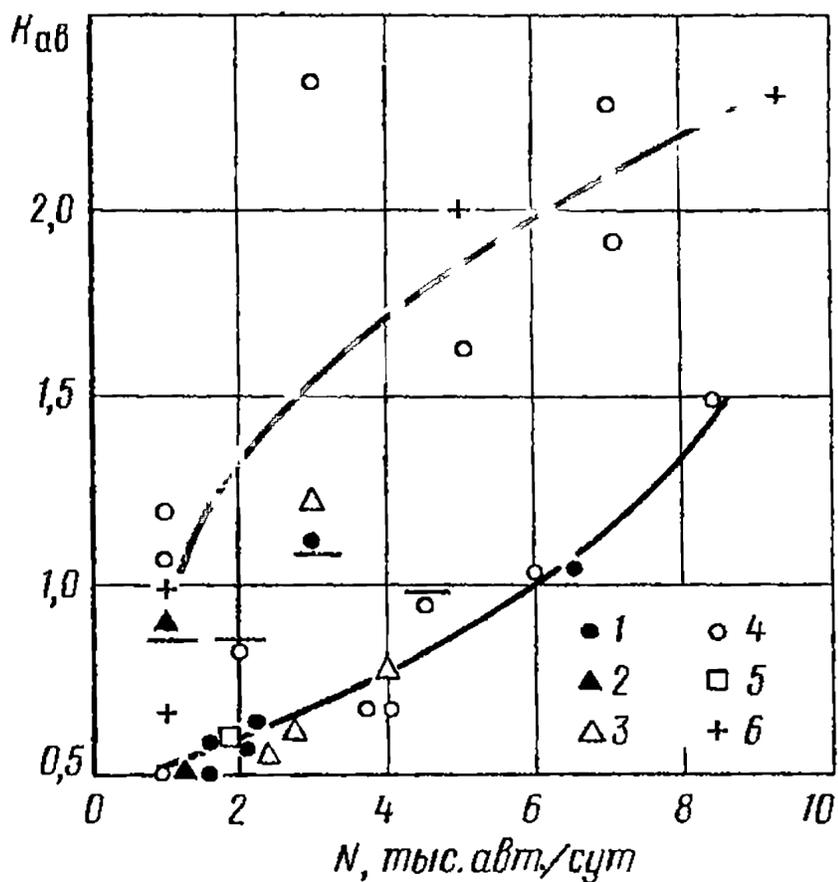


Рис. 4.28. Зависимость относительного количества дорожно-транспортных происшествий от интенсивности движения через населенные пункты по данным наблюдений на шести дорогах: 1—6 — обследование дороги; черная линия — участки дорог на перегонах, красная — в населенных пунктах

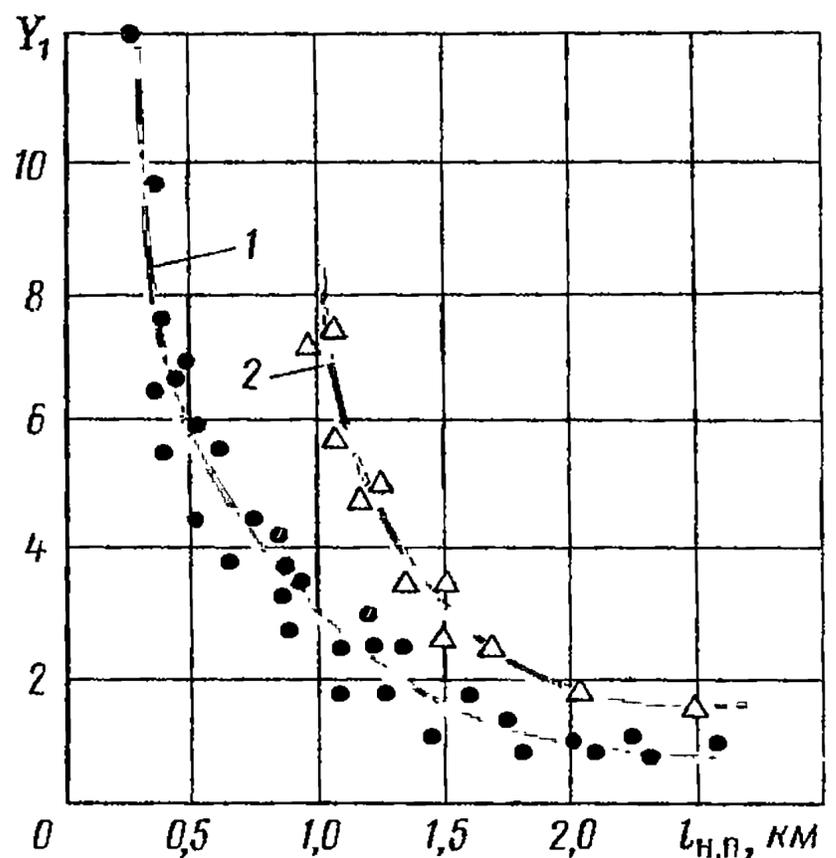


Рис. 4.29. Зависимость числа дорожно-транспортных происшествий на 1 млн авт-км от протяженности населенного пункта: 1 — при наличии стоянок в местах сосредоточения автомобилей; 2 — при отсутствии стоянок

Количество происшествий в населенных пунктах увеличивается при росте интенсивности движения и тем выше, чем больше плотность застройки. На рис. 4.28 сопоставлены количества происшествий в населенных пунктах сельского типа и на примыкающих к ним участках дорог.

За единицу сравнения было принято количество происшествий вне населенных пунктов при интенсивности движения 6000 авт./сут, близкой к предельной нормальной загрузке дорог с 7-метровой проезжей частью.

Для ряда дорог имеется практически постоянное соотношение 2,5—2,7 в населенных пунктах и на перегонах. Близкую величину 3,1 получил канд. техн. наук А. П. Матросов для дорог Ростовской области. Научно-исследовательский институт автомобильного транспорта определил это соотношение для населенных пунктов и небольших заводских поселков в 10, а проф., д-р техн. наук Я. В. Хомяк и канд. техн. наук В. В. Полищук для условий Украины — в 8—10 раз. Зарубежная статистика указывает, что в ФРГ число происшествий возрастает в населенных пунктах в зависимости от их размера и особенностей планировки в 1,2—7,5 раза. Разброс цифр связан не только с особенностями планировки населенных пунктов, удалением строений от дороги, наличием тротуаров, но и с дисциплинированностью пешеходов. Особенно велико влияние на

безопасность движения наличие тротуаров. Соотношение количества смертельных исходов от наездов на пешеходов составляет:

Тротуары с двух сторон . . . . .	1
Тротуар с одной стороны . . . . .	1,7
Тротуары отсутствуют. Твердые обочины . . . . .	1,7
Дома непосредственно у проезжей части без тротуаров . . . . .	4,3

Относительное количество происшествий в населенных пунктах зависит от их протяженности (рис. 4.29). Небольшие поселки хуторского типа многие водители проезжают без изменения скорости, пренебрегая осложнением дорожных условий. В длинных поселках скорость снижается, и водители проезжают их с большей осторожностью. При частом расположении населенных пунктов, когда расстояния между ними малы, водители не успевают значительно повысить скорость, и средняя скорость на маршруте уменьшается.

Относительное влияние протяженности дорог в пределах населенного пункта на возрастание количества происшествий по сравнению с участками дороги в открытой местности в зависимости от расстояния от дороги до застройки и длины населенных пунктов указано в табл. 4.4.

Влияние населенных пунктов на режимы движения проявляется и за их пределами. По прилегающим участкам дорог происходит движение велосипедистов и пешеходов, прогоняется скот на пастбище. Согласно наблюдениям можно принять следующие значения относительного количества дорожно-транспортных происшествий для участков дорог на подходе к населенным пунктам:

Расстояние от населенного пункта, км . . . . .	0,2	0,2—0,6	0,6—1	> 1
Относительное количество происшествий . . . . .	2	1,5	1,2	1

Сосредоточение происшествий в населенных пунктах, а самое главное, значительные неудобства, создаваемые для населения

Т а б л и ц а 4.4

Длина дороги в пределах населенного пункта, км	Коэффициенты относительного влияния условий движения в населенных пунктах на безопасность движения при расстоянии от края проезжей части до застройки, м			
	5	5—10	10—15	20
0,5	7,2	4,9	3,8	3,0
1,0	5,3	4,1	3,1	2,4
1,5	4,3	3,3	2,5	1,9
2,0	3,7	2,7	2,0	1,6
2,5	3,2	2,3	1,7	1,5

потоком транзитных автомобилей сделали необходимым постройку обходных дорог, что существенно снизило количество происшествий. Но иногда количество происшествий на обходах часто оказывалось бóльшим, чем ожидалось. В местах ответвления подъездных путей от старой дороги возникают скопления людей, ожидающих попутных автомобилей. Кроме того, из-за несоблюдения требуемого законом удаления застройки от дорог, составляющего в разных республиках от 100 до 200 м, обходные дороги начинают застраиваться, превращаясь в новую улицу поселка. Поэтому в связи со сложностью получения земли для постройки объездной дороги всегда целесообразно рассматривать также вариант улучшения условий движения путем реконструкции улицы в соответствии с нормативами на поперечные профили поселковых улиц.

#### 4.10. Пересечения и примыкания дорог в одном уровне

Условия работы пересечений автомобильных дорог и примыканий к ним значительно сложнее, чем дорог на подходах к ним. Помимо суммирования количества проходящих по ним автомобилей, происходит нарушение сложившихся ранее режимов движения автомобилей, вызываемое маневрами части их, выполняющих повороты, затрудняя при этом проезд транспортных средств, следующих в прямом направлении.

Возможные траектории движения автомобилей на пересечении в одном уровне (рис. 4.30) образуют 16 точек пересечений, 8 точек разветвлений и 8 точек слияния потоков. В этих точках, называемых конфликтными, возможны столкновения автомобилей. На многих старых дорогах, на пересечениях и примыканиях ограничена видимость, так как их устраивали в наиболее легких для этого местах, например в местах перехода из выемок в насыпь. Все эти обстоятельства приводят к увеличению количества происшествий, число которых зависит от интенсивности движения по пересекающимся дорогам и степени организованности движения. Статистика дорожно-транспортных происшествий показывает, что в разных странах на пересечениях в одном уровне возникает от 10 до 40% общего числа происшествий.

Обобщение данных ряда исследователей приводит к следующим значениям относительного коэффициента влияния интенсивности движения на безопасность проезда по перекресткам:

Интенсивность на пересекающейся дороге, % суммарной интенсивности	10	10—20	20
Коэффициент влияния	1,5	3	3,6

Относительно более опасными являются пересечения, на которых на одной из дорог интенсивность движения очень мала. К их

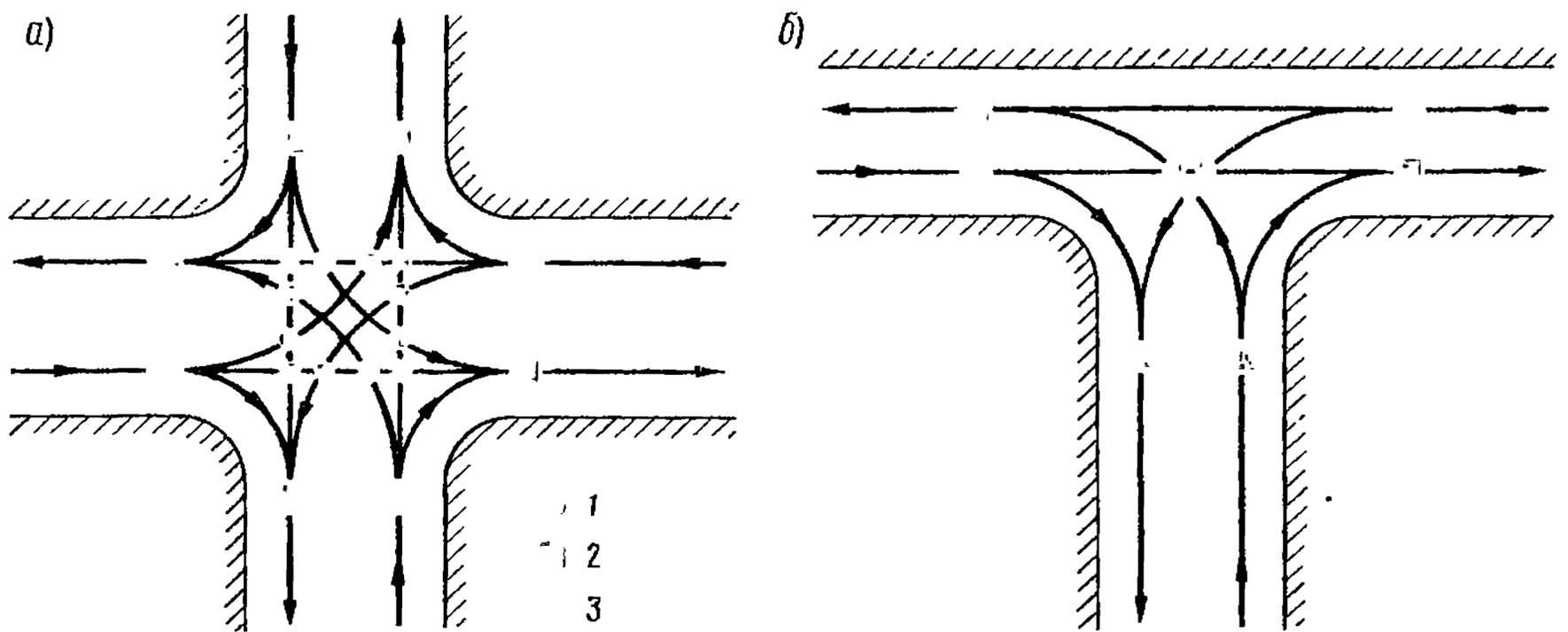


Рис. 4.30. Конфликтные точки на пересечении и примыкании в одном уровне:

а — пересечение; б — примыкание;

1 — точки пересечения потоков движения; 2 — точки слияния потоков; 3 — точки разделения потоков

числу относятся пересечения и съезды на магистральные дороги с полевых дорог, интенсивность движения по которым иногда не превышает 10—30 авт/сут. Они часто возникают стихийно в местах недостаточной видимости, в вогнутых вертикальных кривых, у концов спусков, где автомобили развивают повышенную скорость, а также в разрывах придорожных насаждений. Часто они не бывают обозначены дорожными знаками. Выезд с них автомобиля и трактора оказывается совершенно неожиданным для водителей автомобилей, следующих по основной дороге. На многих из таких пересечений ежегодно возникают дорожные происшествия.

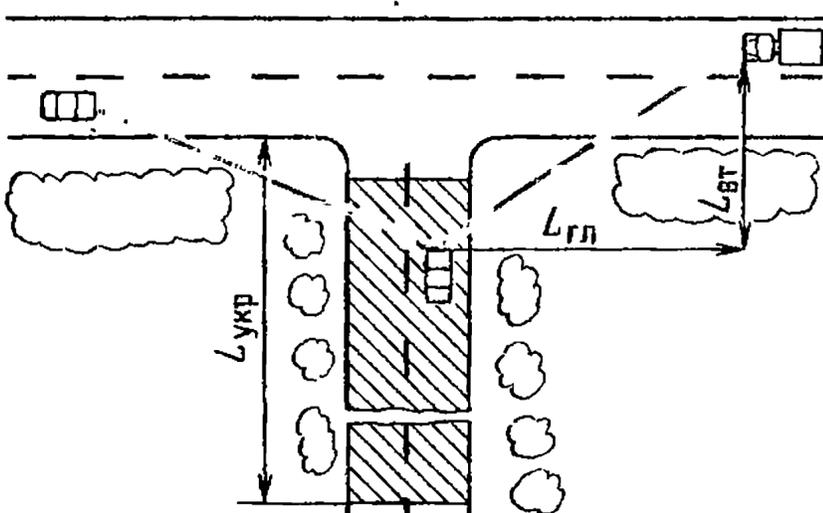


Рис. 4.31. Схема для определения видимости на пересечении в одном уровне:

$L_{гл}$  — видимость по главной дороге;  $L_{вт}$  — видимость на второстепенной дороге;  $L_{укр}$  — укрепленный участок проезжей части на второстепенной дороге

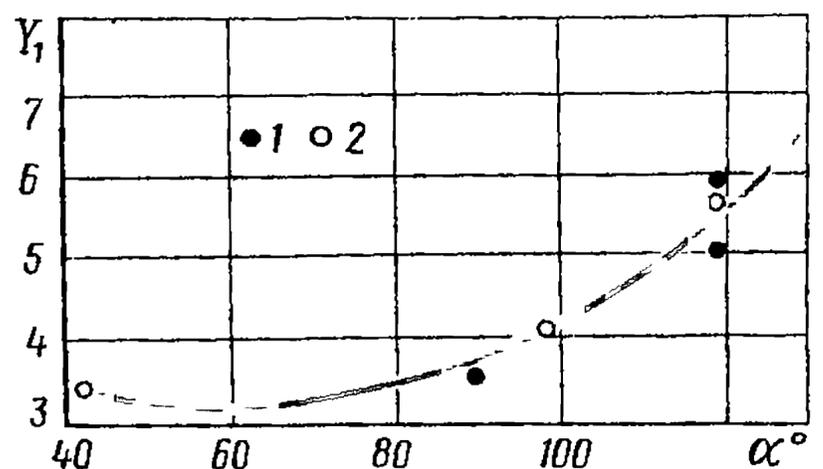


Рис. 4.32. Зависимость числа дорожно-транспортных происшествий на 1 млн авт-км от угла пересечения дорог в одном уровне по данным:

1 — Транспортной и дорожной лабораторий Великобритании; 2 — Е. Лобанова (Россия)

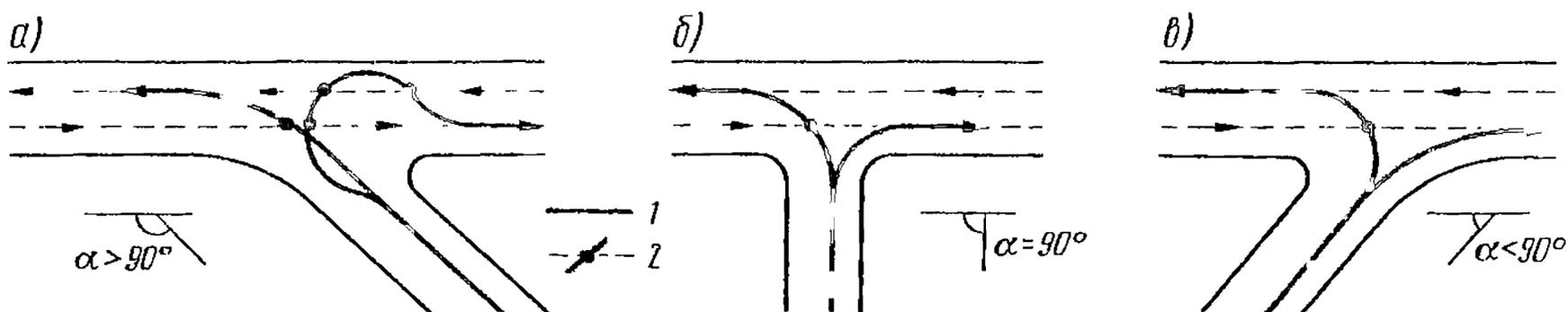


Рис. 4.33. Схемы примыкания в одном уровне:

1 — траектория автомобилей, въезжающих на основную дорогу; 2 — конфликтные точки пересечения транспортных потоков

Для таких пересечений существует зависимость:

Интенсивность движения по основной дороге, авт/сут . . . . .	<1600	1600—3500	3500—5000	5000—7000
Относительное количество происшествий . . . . .	1	1,7	2,5	3,2

Безопасность движения на пересечениях дорог в одном уровне в значительной степени зависит от обеспечения видимости пересекающей дороги с приближающимся автомобилем. Наблюдения в Норвегии дают возможность предложить следующие значения коэффициентов влияния расстояний видимости на пересечении:

Видимость, м . . . . .	≥60	60—40	40—30	30—20	<20
Коэффициент влияния . . . . .	1	1,1	1,65	2,5	10

Рекомендуется обеспечивать для автомобиля, ожидающего на второстепенной дороге удобного момента для въезда на основную дорогу (рис. 4.31), расстояние видимости не менее:

Суммарная интенсивность движения по пересечению, авт/сут . . . . .	1000	3000	5000
Минимальное расстояние видимости, м:			
главной дороги . . . . .	140	150	175
второстепенной дороги . . . . .	75	75	100

Опасность дорожно-транспортных происшествий на пересечениях и примыканиях в одном уровне зависит от угла между дорогами, определяющего условия видимости водителем дороги и маневры, совершаемые при повороте (рис. 4.32). Этот угол измеряется между направлением движения по примыкающей дороге и ближайшей к нему полосе движения на основной дороге. Наибольшее количество происшествий случается при тупых углах примыкания (рис. 4.33, а), когда при правом повороте въезжающие автомобили, не вписывающиеся в свою полосу движения, вынуждены заезжать на полосу встречного движения. Снижению безопасности проезда способствуют также возможность совершить левый поворот почти без снижения скорости («с ходу») и плохая обзорность дороги водителем с правой стороны автомобиля (рис. 4.33, б).

Перпендикулярные пересечения (рис. 4.33, в) менее опасны, но количество происшествий на них больше, чем при пересечениях под острыми углами от  $50$  до  $75^\circ$ , когда на дороге отсутствуют непросматриваемые зоны, а положение водителя удобно для оценки обстановки движения (рис. 4.34).

Большое количество возможных направлений движения на пересечениях в одном уровне осложняет условия проезда, так как нередко водитель, осуществляющий тот или иной маневр поворота, создает помехи для других автомобилей, заезжая на полосу, по которой они могли бы сделать поворот. Средством улучшения условий движения и предотвращения происшествий является канализирование движения — выделение для каждого направления движения самостоятельной полосы на проезжей части.

Канализирование движения осуществляют устройством на проезжей части возвышающихся или нанесенных краской направляющих островков, выделением дополнительных полос для ожидания автомобилями возможности осуществления левых поворотов без помех для автомобилей, следующих в прямом направлении, устройством на проезжей части дополнительных переходно-скоростных полос для плавного притормаживания или набора скорости поворачивающимися автомобилями.

Планировка канализированного пересечения показана на рис. 4.35.

Основным конструктивным элементом канализированных пересечений для четкого разделения движения и разделения конфликтных точек являются каплевидные вытянутые островки. Они хорошо выявляют планировочные решения и облегчают плавное обгоне островка, поскольку их очертание соответствует траектории движения автомобилей, совершающих левый поворот.

При большом проценте автомобилей, поворачивающих на примыкании с главной дороги направо, устраивают переходно-скоростную полосу.

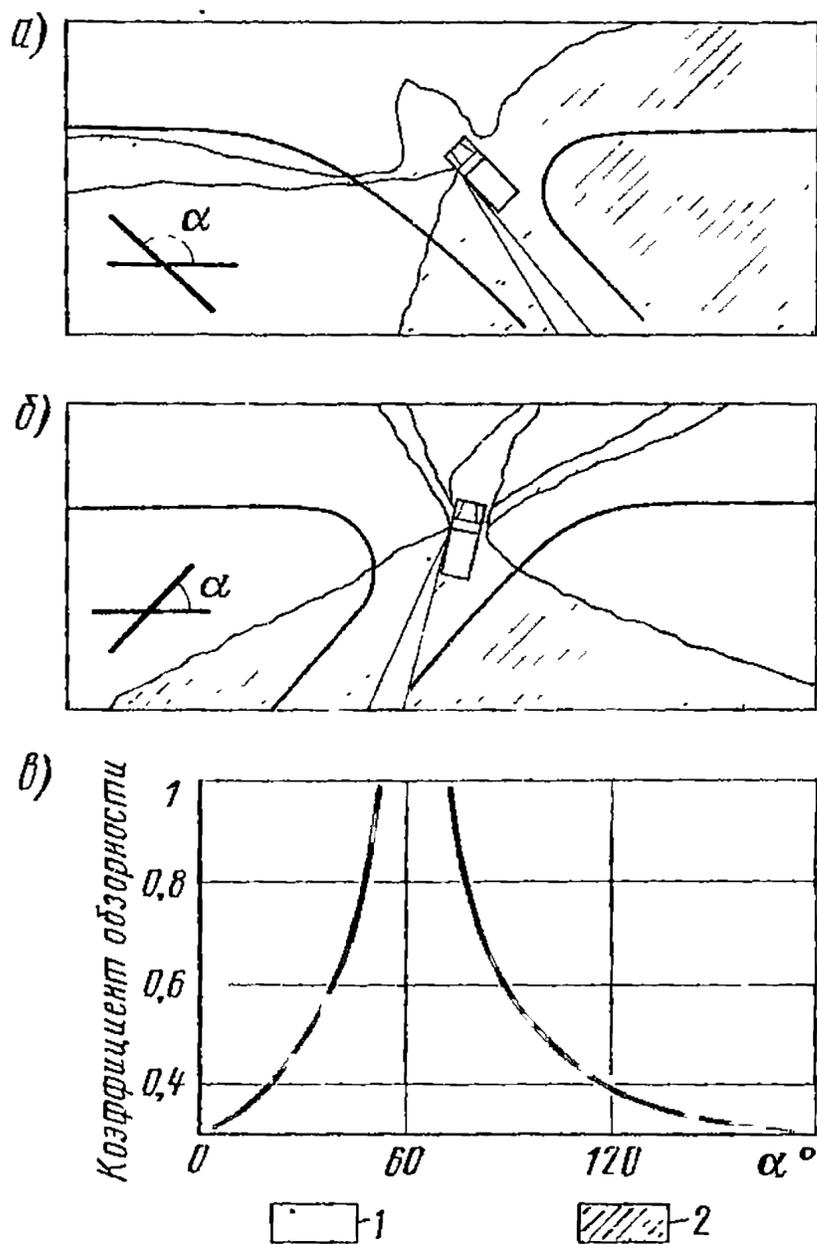


Рис. 4.34. Обзорность на пересечении с места водителя при разных углах примыкания до второстепенной дороги: а — угол пересечения более  $90^\circ$ ; б — оптимальный угол пересечения; в — график коэффициента обзорности; 1 — зона видимости; 2 — зона отсутствия видимости

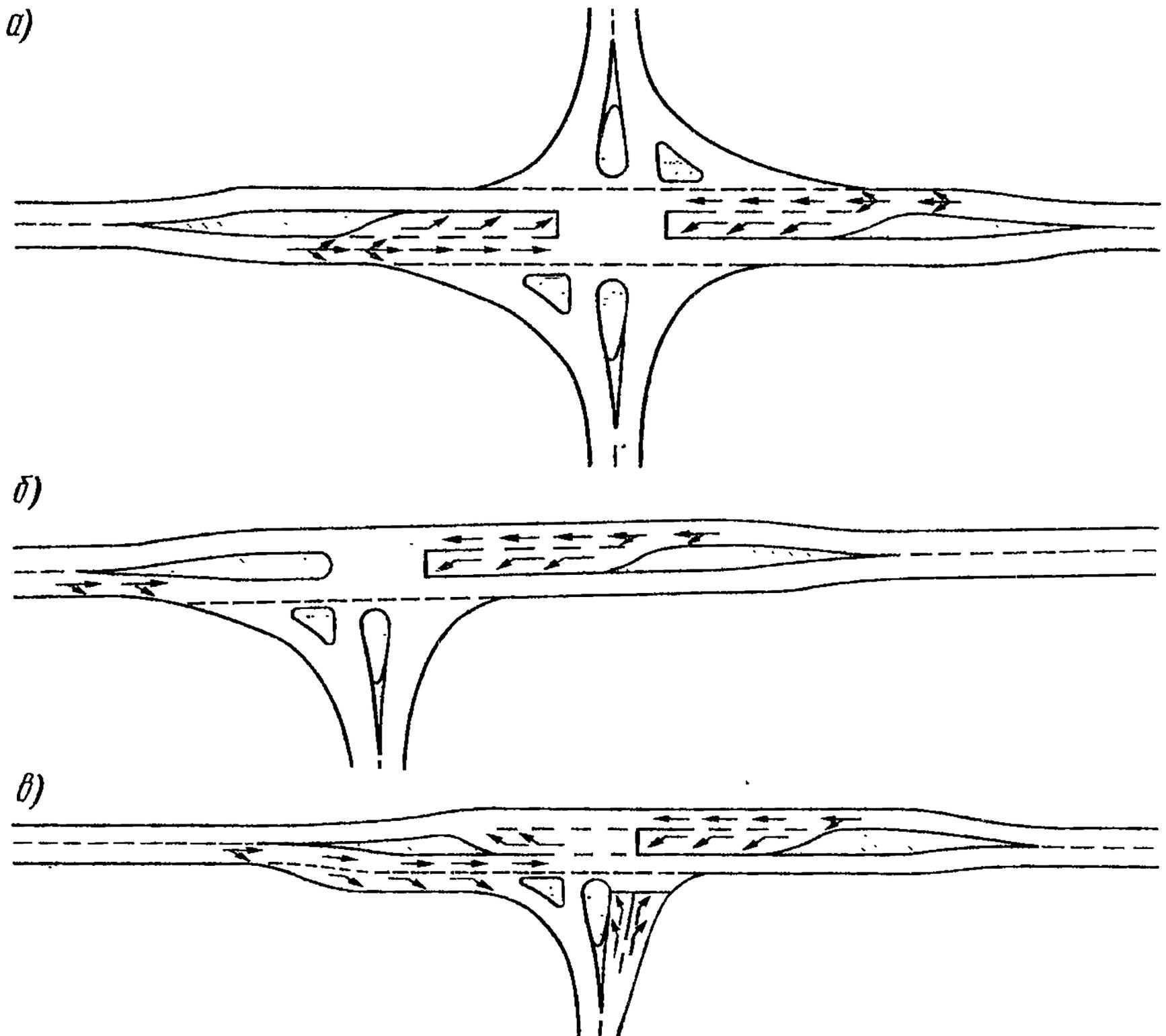


Рис. 4.35. Схемы канализированных пересечений и примыканий:

*а* — пересечение с дополнительными полосами на главной дороге для ожидания автомобилями возможности левого поворота; *б* — примыкание с дополнительной полосой для автомобилей, выжидающих левого поворота с главной дороги; *в* — примыкание с переходно-скоростной полосой для автомобилей, поворачивающих с главной дороги направо

Одним из путей повышения безопасности движения на пересечениях в одном уровне является устройство пересечений кольцевого типа, широко распространенных за рубежом. В СССР кольцевые пересечения длительное время не получали распространения и лишь в 60-х годах были построены впервые на отдельных дорогах Белоруссии, Прибалтики и Казахстана. Особенно часто кольцевые пересечения устраивают на окраинах городов как распределители, по которым с примыкающей магистральной дороги можно въехать на несколько улиц. Основная область применения кольцевых пересечений — случаи, когда интенсивности движения по пересекающимся дорогам различаются не более чем на 20%, а число автомобилей левоповоротных потоков составляет не менее 40%.

Движение автомобилей по кольцу в одном направлении придает ему упорядоченность, поскольку все маневры сводятся к включению в транспортный поток и выходу из него (рис. 4.36). Однако в связи с непрерывно происходящими на кольцевом пересечении перегруппировками автомобилей скорость движения существенно снижается по сравнению с подходами к пересечению. Возможны столкновения автомобилей при слишком быстром въезде на кольцо с примыкающей дороги.

Фактические скорости движения по кольцевым пересечениям зависят от размера центрального островка:

Диаметр островка, м . . . . .	15	30	60
Скорость, км/ч . . . . .	18—20	25	30

Диаметр кольцевых пересечений должен быть достаточно большим, чтобы участки кольца между пересекающимися дорогами имели длину, достаточную для включения в поток и выхода из него в нужном направлении.

Особым случаем пересечений в одном уровне являются переезды через железные дороги (рис. 4.37). Столкновения поездов с автомобилями, вызываемые невнимательностью и недисциплинированностью водителей, составляют от 20 до 40% общего числа происшествий на железнодорожном транспорте. В период с 1980 по 1988 г. в среднем ежегодно происходило 600 столкновений поездов с автомобилями, в которых погибло до 350 чел. Эти происшествия отличаются большой тяжестью последствий. Кроме того, до 20—25% происшествий на переездах происходят без участия поездов. Их вызывает изменение условий движения автомобилей по сравнению с прилегающими участками дорог. Ожидание автомобилей у переездов на дорогах с интенсивным движением поездов вызывает значительные потери.

Степень опасности на переездах в одном уровне характеризуют относительной аварийностью на 1 млн прошедших через переезд автомобилей и поездов, приведенных к эквивалентному по времени занятию переезда количеству автомобилей:

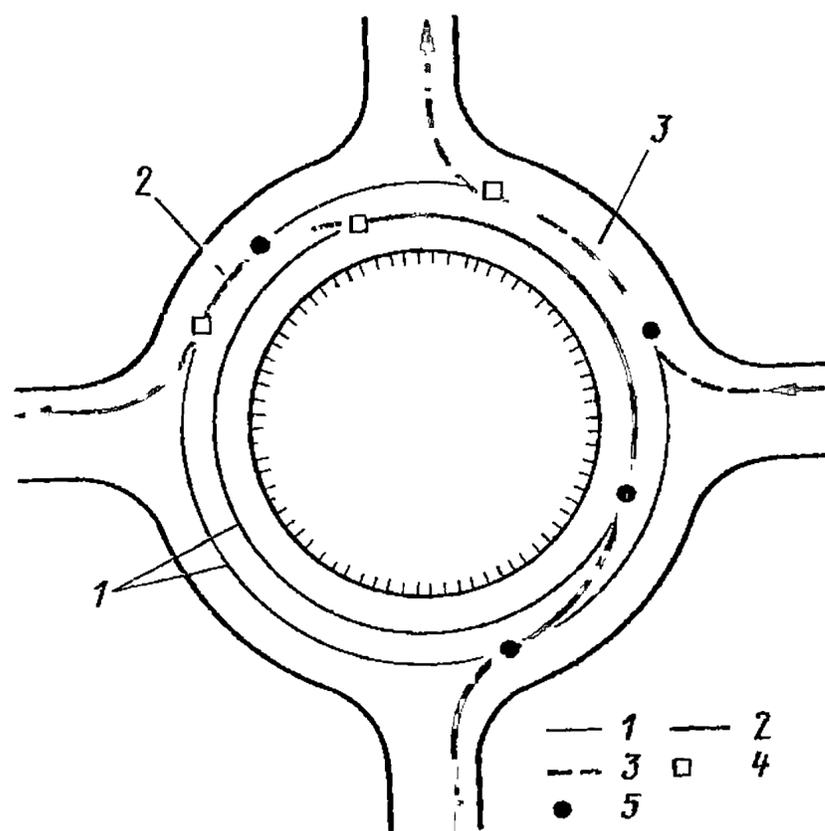


Рис. 4.36. Схема кольцевого пересечения:

1 — пути движения транспортных потоков по кольцу при двухполосной проезжей части; 2 — траектория движения при левом повороте; 3 — траектория движения при правом повороте; 4 — точка разделения потоков движения; 5 — точка влияния потоков движения

$$Y = \frac{10^6 z}{365(N_{a.d} + 11,5N_{ж.д})}$$

где  $z$  — количество происшествий за год;  $N_{a.d}$  — интенсивность движения на дороге, авт/сут;  $N_{ж.д}$  — количество поездов в 1 сут; 11,5 — коэффициент приведения.

Сильно отражается на числе происшествий расстояние видимости приближающегося поезда водителем автомобиля (рис. 4.38). На многих старых дорогах нормативные требования к видимости поезда водителем автомобиля не менее чем за 400 м, а переезда машинистом локомотива за 1 км не выдерживаются. При обследовании МАДИ ряда дорог было установлено, что в 13% случаев водитель, находившийся на расстоянии тормозного пути от переезда, мог увидеть приближающийся поезд не более чем за 200 м.

Степень опасности переезда из-за плохой видимости приближающегося поезда с переезда характеризуется значениями коэффициентов аварийности:

Расстояние видимости поезда, м	>400	300	200	100	50	<50
Коэффициент аварийности . . . . .	1	1,4	2,5	4,5	5,15	6,5

Кроме опасности дорожно-транспортных происшествий, железнодорожные переезды в одном уровне значительно снижают пропускную способность дорог, поскольку на них безусловное предпочтение отдается движению поездов.

Вынужденные простои автомобилей у закрытых переездов в ожидании прохода поездов вызывают значительные потери для автомобильного транспорта.

Реконструкция переездов путем устройства путепроводов через железную дорогу, требующая больших затрат, является сложной технически, так как выполнение ряда строительных работ возможно только в специально устраиваемые перерывы движения поездов («окна»).

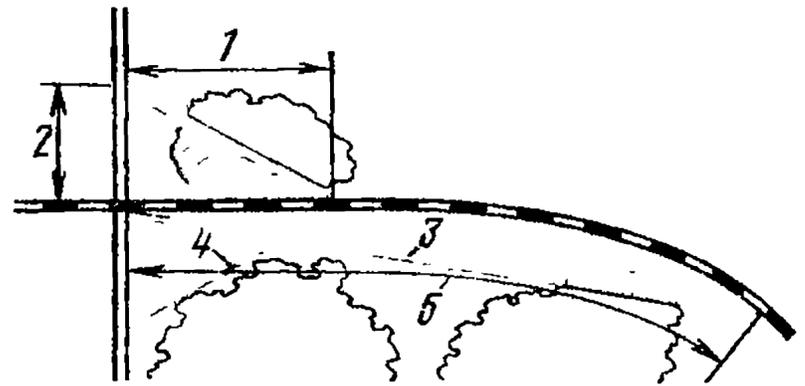


Рис. 4.37. Схема обеспечения видимости на железнодорожных переездах: 1 — расстояние, на котором водитель автомобиля должен видеть приближающийся поезд; 2 — расчетное расстояние видимости для водителя автомобиля; 3 — линия, ограничивающая зону видимости переезда машинистом локомотива; 4 — то же водителем автомобиля; 5 — срезка для обеспечения видимости

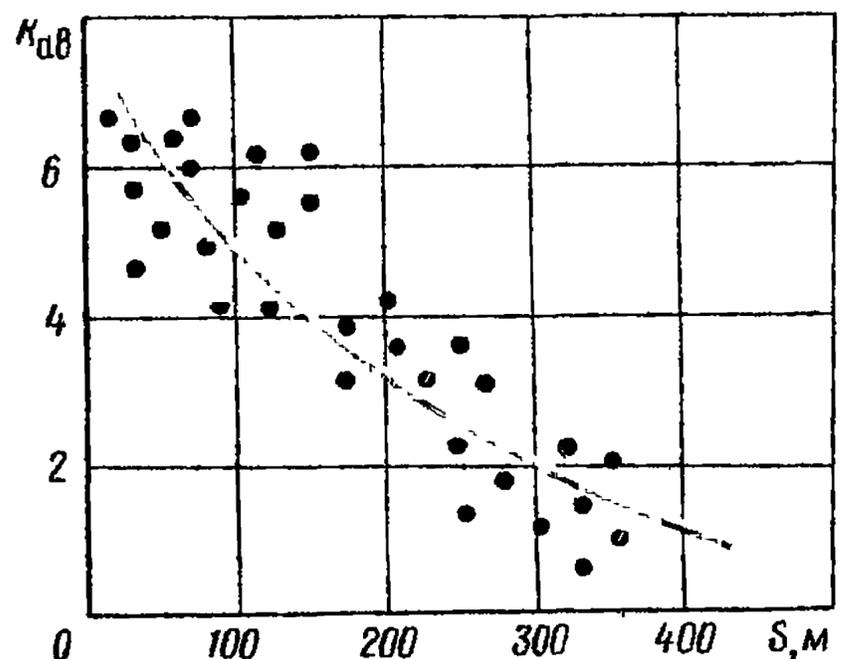


Рис. 4.38. Зависимость относительного количества дорожно-транспортных происшествий от расстояния видимости поезда с переезда

## 4.11. Пересечение дорог в разных уровнях

Устройство на дорогах пересечений в разных уровнях существенно уменьшает количество возможных конфликтов между совершающими маневры автомобилями. Наиболее распространенным типом пересечений является «полный клеверный лист». На нем отсутствуют конфликтные точки пересечения транспортных потоков (рис. 4.39). Однако в связи с высокой стоимостью этих пересечений их устраивают только на дорогах с высокой интенсивностью движения, причем для удешевления при малой интенсивности транспортных потоков по отдельным второстепенным дорогам устраивают пересечения неполного типа, обеспечивая возможность беспрепятственного лево- и правоповоротного съезда с дороги более высокой категории, допускают для въезда с них на магистраль предварительный поворот на второстепенной дороге (рис. 4.40). На автомобильных магистралях с высокой интенсивностью движения устраивают очень сложные пересечения в трех и четырех уровнях, которые обеспечивают беспрепятственное, без снижения скорости, движение потоков, совершающих левый поворот.

В процессе эксплуатации дороги соотношение интенсивностей движения по разным направлениям может изменяться. Возрастание движения по направлению, вначале бывшему второстепенным, очень осложняет работу пересечения. Поэтому считается правильным уже на стадии проектирования и строительства предусматривать возможность развития пересечений неполного типа и резервировать землю для этой цели.

На рис. 4.41 показана планировка пересечения по типу ромба, предусматривающая впоследствии устройство на нем левоповоротного съезда со второстепенной дороги.

Для безопасности и четкой организации движения на пересечениях водителям должны быть понятны направления движения на пересечениях в разных уровнях. Это требует установки большого количества дорожных знаков и их повторения, так как невнимательный водитель, пропустивший какой-либо знак, уже не сможет осуществить необходимого маневра. Даже при наиболее распространенном пересечении типа «полный клеверный лист», простом и на-

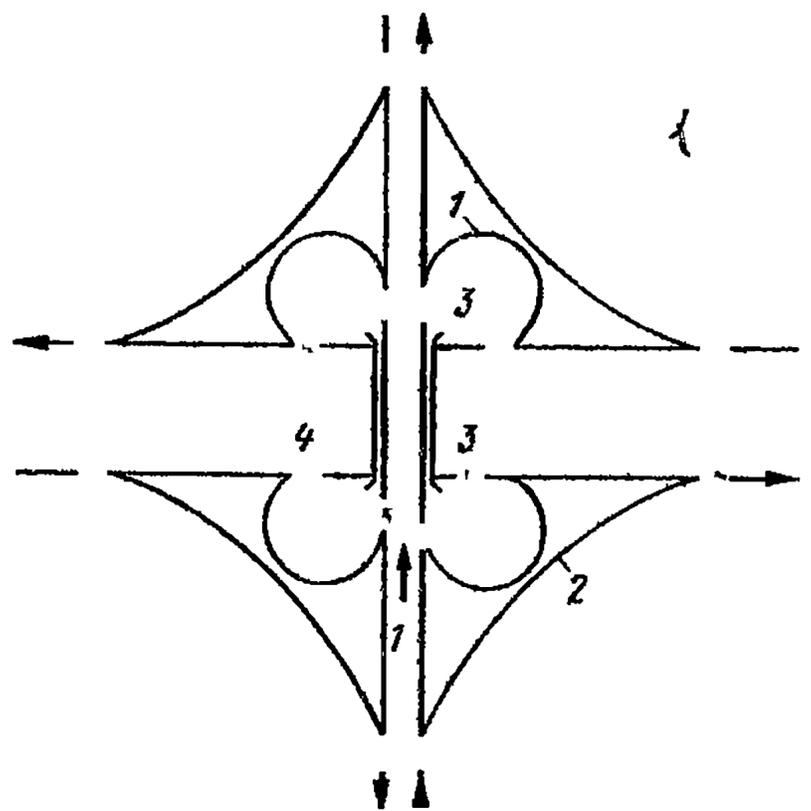


Рис. 4.39. Схема пересечения по типу «полный клеверный лист»:

1 — траектория движения при левом повороте; 2 — траектория движения при правом повороте; 3 — точка разделения потоков движения; 4 — точка слияния потоков движения

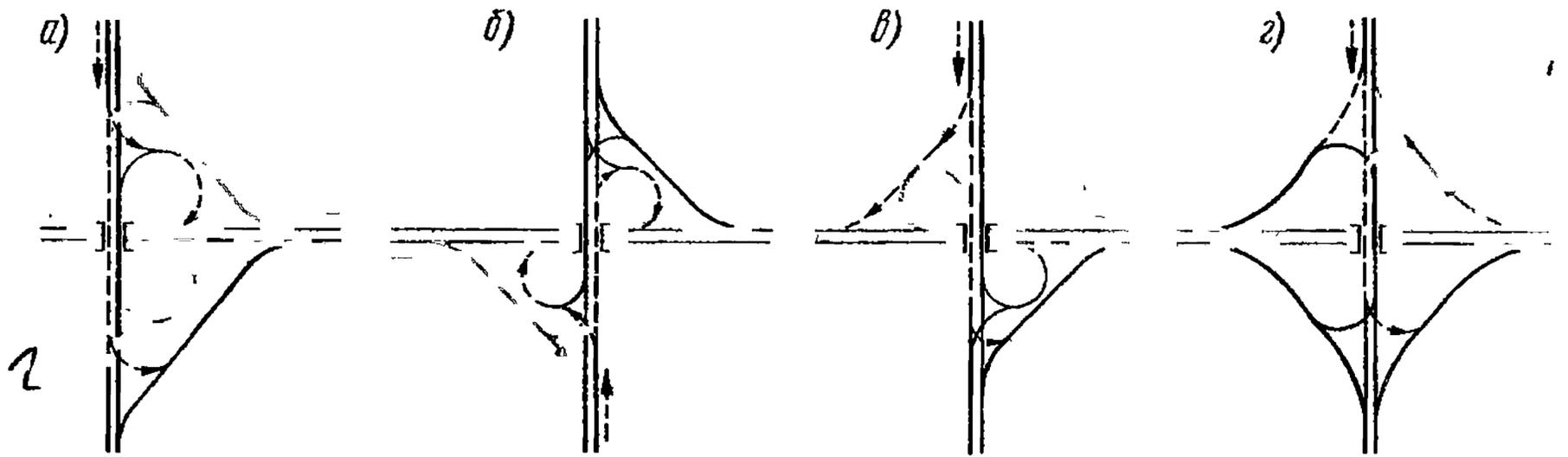


Рис. 4.40. Схемы организаций движения на пересечениях по типу «неполный клеверный лист»:

*а* — одностороннее расположение левоповоротных петель на второстепенной дороге; *б* — диагональное расположение левоповоротных петель на второстепенной дороге; *в* — диагональное расположение левоповоротных петель на главной дороге; *г* — пересечение без левоповоротных петель («ромб»); красными линиями показано движение по главной дороге

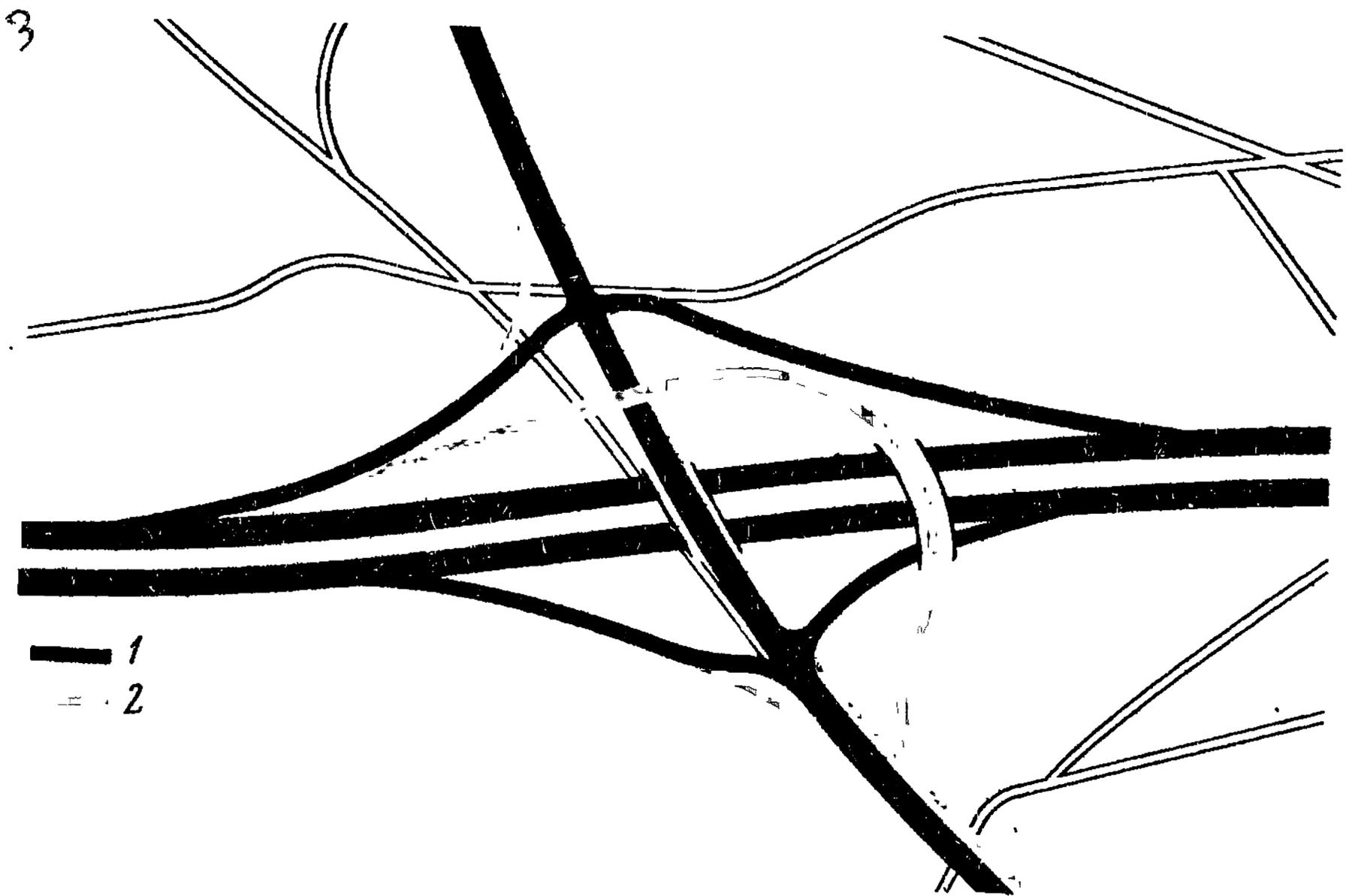


Рис. 4.41. Планировка пересечения в разных уровнях, предусматривающая его стадийное строительство:

*1* — первая очередь строительства; *2* — вторая очередь строительства

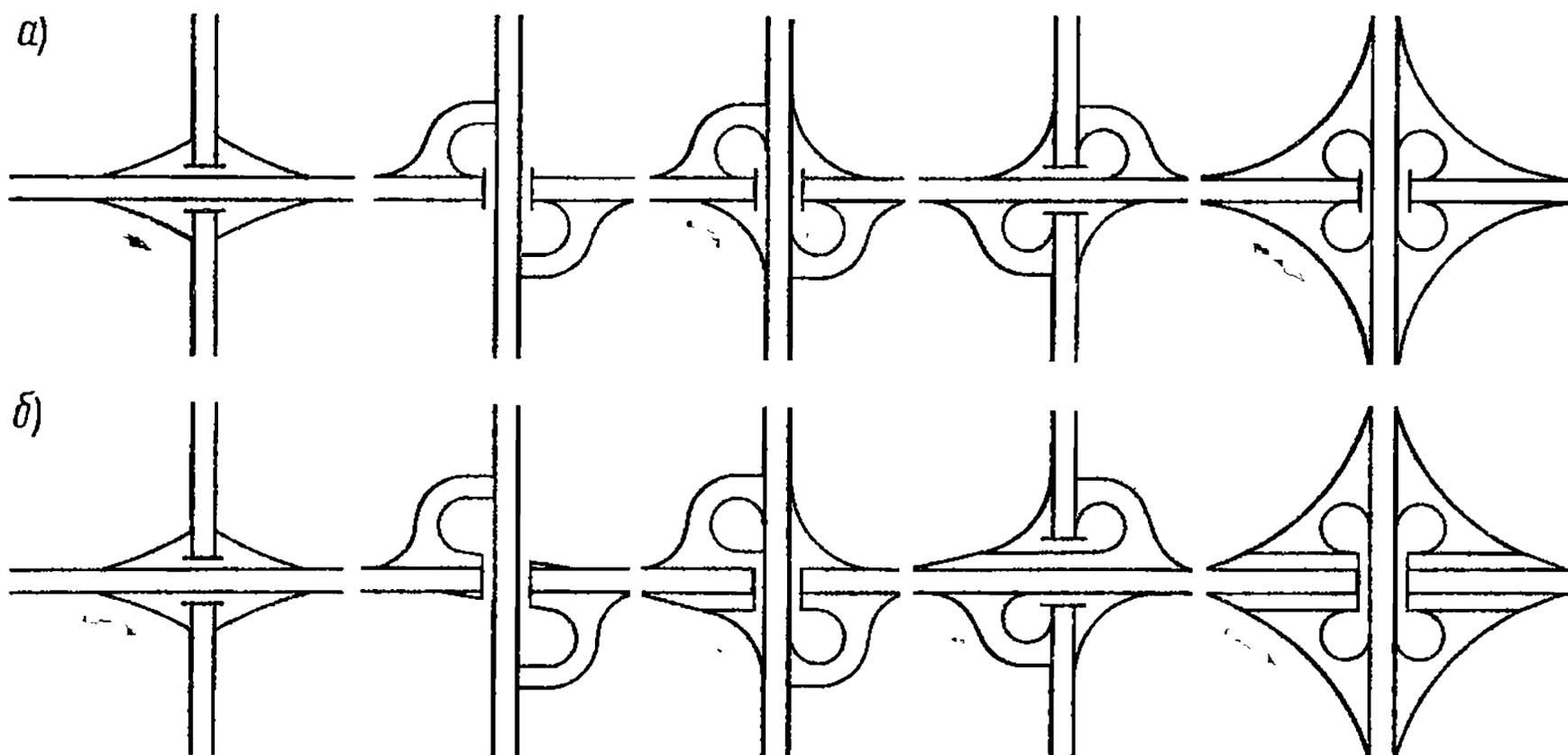


Рис. 4.42. Расположение пересечений в разных уровнях на маршруте:  
 а — бессистемное расположение съездов; б — однотипное расположение съездов

глядном на чертеже, на местности, когда приближающийся к нему водитель видит не все пересечение сразу, а поочередно отдельные его съезды и пересечения, возможны ошибки в оценке их назначения. Особенно опасны пересечения неполного типа, где часты лобовые столкновения на съездах при неправильном встречном движении автомобилей.

Неправильное движение водителей по пересечениям в разных уровнях может быть вызвано как непонятностью для них схемы пересечения, так и сознательными действиями недисциплинированных водителей для сокращения пути или исправления допущенной ошибки в связи с проездом места поворота. Поэтому планировка пересечений на каком-либо маршруте должна быть однотипной, сводящей к минимуму возможность неправильных действий водителей и как бы предотвращающей возможности движения по неправильному пути. В этом случае водители будут знать, что во всех случаях прямому направлению будет соответствовать определенная полоса дороги, а левый поворот на всех пересечениях начинается в одном месте, например после проезда путепровода (рис. 4.42).

Важную роль в предотвращении происшествий из-за неправильного проезда пересечений имеет предварительное ознакомление водителей со схемами пересечений на дорожных картах и маршрутных схемах. Для большей эффективности знак запрещения въезда часто заменяют специальным знаком дополнительной информации с надписью «Опасно» или «Неправильный путь». На пересечениях по типу «клеверный лист» пропускная способность и обеспечиваемая степень безопасности движения зависят от длины участка переплетения поворачивающего, вливающегося и транзитного транспортных потоков (рис. 4.43). Часто для этих маневров на пересечении

устраивают на главной дороге дополнительную полосу проезжей части.

Участки въезда на пересечения в разных уровнях и выезда с них являются наиболее опасными местами, так как на коротком участке скорость движения по маршруту должна измениться до ограниченной, обеспечиваемой радиусом кривых съезда. На рис. 4.44 показаны характерные места сосредоточения дорожно-транспортных происшествий на левоповоротных съездах транспортных развязок типа «клеверный лист» на Московской кольцевой автомобильной дороге, которые в первые годы после постройки дороги являлись причиной 35% происшествий на ее развязках. Характерными были следующие группы происшествий: наезды автомобилей на внезапно снизивший скорость перед въездом на кривую съезда автомобиль; опрокидывание автомобилей, не вписавшихся из-за высокой скорости в кривую при въезде или в ее среднюю часть; столкновение выезжающих автомобилей с автомобилями, ехавшими прямо по основной дороге.

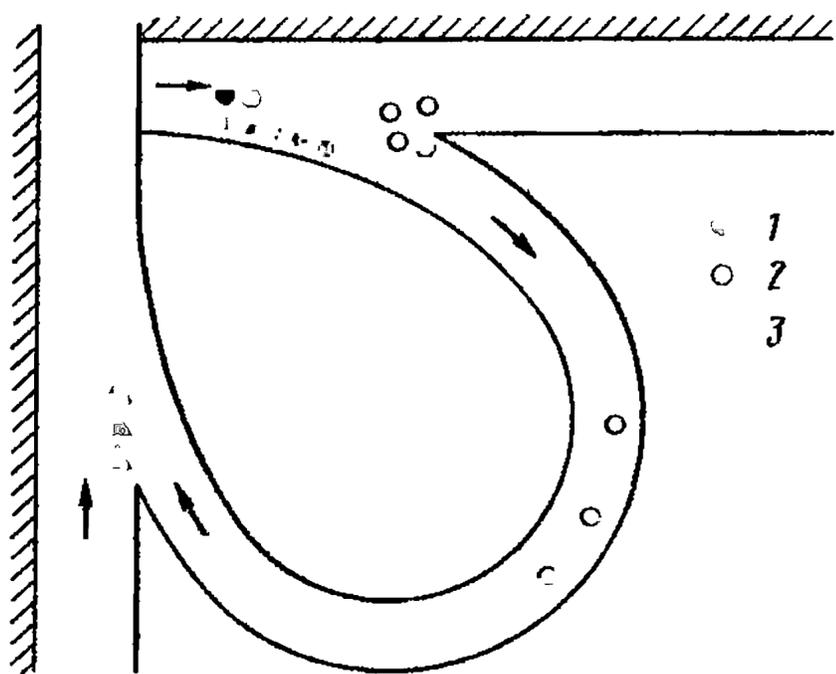


Рис. 4.44. Характерные места дорожно-транспортных происшествий на левоповоротных съездах развязок типа «клеверный лист», не имеющих переходно-скоростной полосы:

1 — наезды автомобилей на внезапно притормаживающий впереди идущий автомобиль; 2 — опрокидывание автомобилей; 3 — столкновение выезжающих автомобилей с едущими прямо

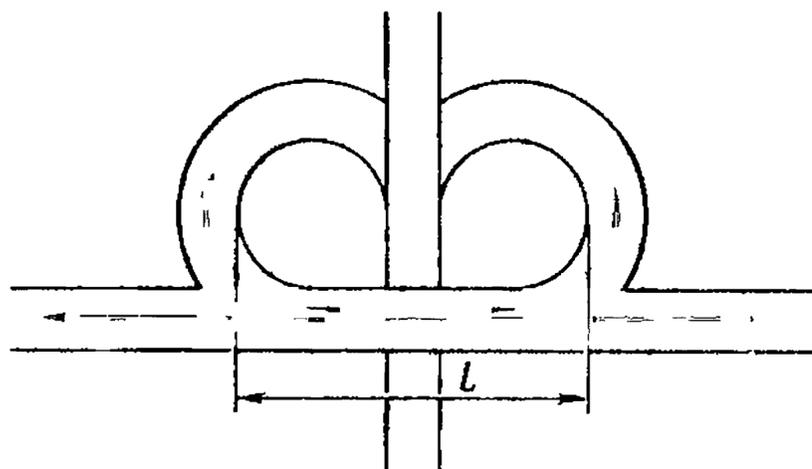


Рис. 4.43. Участок переплетения поворачивающих потоков движения:

$L$  — длина зоны переплетения

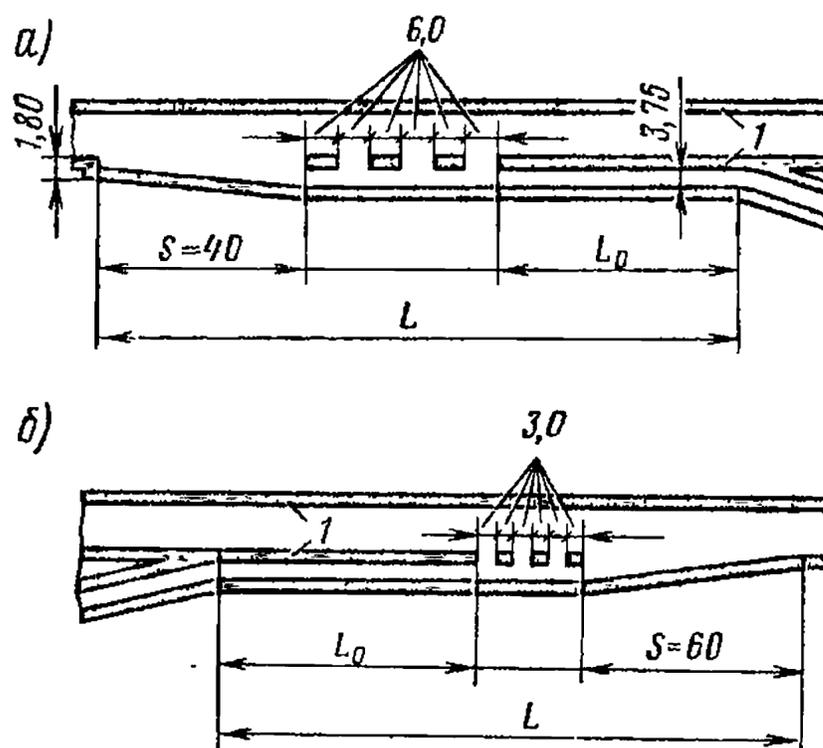


Рис. 4.45. Элементы переходно-скоростных полос:

а — полоса торможения; б — полоса разгона;

1 — разметка проезжей части;  $L_0$  — длина полосы для разгона или торможения.  $L$  — полная длина переходно-скоростной полосы;  $S$  — скошенный участок полосы

Происшествия этого типа устраняют введением переходно-скоростных полос — полос разгона и ускорения, устройством которых при строительстве дорог часто пренебрегают в целях снижения стоимости строительства.

Полосы разгона и торможения должны иметь достаточную длину, чтобы, въехав на полосу со скоростью движения на прямом участке, водители могли без интенсивного торможения снизить скорость до допустимой на петле съезда. Наоборот, на полосе разгона водитель должен иметь возможность набрать скорость, большую скорости транзитного потока, и некоторое время двигаться с ней в ожидании возможности включиться в поток. Планировка переходно-скоростных полос показана на рис. 4.45.

В силу особенностей их работы переходно-скоростные полосы должны иметь большую длину, которую в США оценивают не менее чем в 300—350 м. Строительные нормы и правила предусматривают меньшие значения, составляющие для пересечений типа «клеверный лист» в зависимости от расчетной скорости на съезде 50—280 м полной ширины и 100—120 м (на треугольном участке отгона ширины).

Оптимальный угол примыкания съездов к направлению основной автомобильной дороги должен составлять 4—7° и, во всяком случае, не превышать 10°.

### **Контрольные вопросы**

1. Каковы характерные виды и относительные количества дорожно-транспортных происшествий при разных уровнях удобства движения по дороге?
2. Как влияют на обеспечение безопасности движения по дороге ширина обочин, их укрепление и наличие краевых полос?
3. Почему при недостаточной видимости дорог в плане и продольном профиле возрастает количество дорожно-транспортных происшествий?
4. Почему на кривых в плане с радиусом менее 500—600 м относительное количество происшествий существенно больше, чем на кривых большего радиуса?
5. В чем заключается опасность аллеиных насаждений на обочинах дорог?
6. В чем заключается положительный эффект устройства пересечений в одном уровне канализированного типа?
7. Нарисуйте схемы планировки пересечений в разных уровнях типа «полного» и «неполного клеверного листа» и обозначьте на них направления движения автомобилей.

## ВЗАИМНОЕ СОЧЕТАНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ ДОРОГИ И БЕЗОПАСНОСТЬ ДВИЖЕНИЯ

### 5.1. Сочетания элементов трассы

Фактические режимы движения транспортных потоков по дорогам определяются не только характеристиками отдельных элементов плана и продольного профиля, но и их взаимными сочетаниями.

Абсолютное значение элемента трассы не всегда определяет режим движения и степень его безопасности. Так, например, степень опасности дорожно-транспортных происшествий на четырех кривых одинакового малого радиуса, расположенных в открытой равнинной местности, на извилистой горной дороге при недостаточной видимости, в конце затяжного спуска и на вершине подъема не одинакова и определяется разными причинами.

На равнине при проезде одиночной кривой опасная скорость будет определяться соображениями устойчивости автомобиля против заноса. В горной местности скорость зависит от видимости на извилистых участках, поскольку значительный процент водителей, опасаясь неожиданного появления встречного автомобиля из-за поворота, преодолевающего кривую с заездом на полосу встречного движения, проезжает такие участки с пониженной скоростью, существенно меньшей допускаемой радиусом кривой. На затяжном крутом спуске можно опасаться чрезмерной скорости при въезде на расположенную в конце его кривую.

В последнем случае возможная скорость въезда на перевальный участок зависит от динамических качеств автомобиля, преодолевающего крутой подъем на пониженной передаче, и будет существенно меньше, чем обеспечивается кривой.

Во всех четырех случаях скорости въезда на кривую будут сильно различаться. Очевидно, что  $v_{вхIII} > v_{вхI} > v_{вхII} > v_{вхIV}$  и соответственно между коэффициентами безопасности будет соотношение  $K_{IV} > K_{II} > K_I > K_{III}$ .

Таким образом, в основе оценки безопасности движения с учетом сочетаний элементов трассы должно лежать исследование скоростей движения, как допускаемых элементами трассы, так и фактически развиваемых с учетом психологического восприятия водителями дорожных условий движения. Это обстоятельство, еще не учитываемое в теории проектирования дорог, проявляется при выборе водителями параллельных маршрутов. Известен случай, когда ценой больших и трудоемких работ в горной местности

длина дороги была сокращена на 3 км путем ее спрямления через ряд горных отрогов. Были прорыты выемки глубиной до 36 м с крутыми, почти вертикальными откосами и отсыпаны насыпи высотой более 20 м. Но водители избегали ездить по спрямленному участку. Он казался им опасным и непривлекательным, и они предпочитали пользоваться идущей вдоль реки старой дорогой, плавно огибавшей склоны живописных холмов, панорама которых раскрывалась перед едущими.

## 5.2. Прямые участки дорог

При эксплуатации ряда магистральных дорог, построенных после окончания Великой Отечественной войны в южных районах страны, выявились отрицательные стороны длинных прямых участков в однообразной равнинной местности (рис. 5.1). Для водителей грузовых автомобилей движение по этим участкам связано с наступлением вялости и снижением внимательности, увеличением продолжительности реакции, своеобразным дремотным состоянием и даже сном.

Водители легковых автомобилей теряют на таких участках контроль за скоростью. Современные легковые автомобили, имеющие мощные двигатели, быстро разгоняются до высоких скоростей. На усовершенствованных ровных покрытиях это происходит незаметно для водителя. В то же время отсутствие мелькающих сбоку предметов, которые позволяют оценивать скорость на узких дорогах и в покрытой лесом местности, приводит к тому, что водители, полагаясь в оценке скорости больше на свой глазомер, чем на показания спидометров, сами того не замечая, развивают высокие скорости, приводящие к аварии.

По наблюдениям Б. А. Щита, разница между скоростями 85%-ной обеспеченности легковых и грузовых автомобилей возрастает с увеличением длины прямых участков:

Длина прямой, км . . . . .	3	6	10
Разница скоростей, км/ч . . . . .	14	20	25

Наблюдения показали, что водители, при взгляде со стороны достаточно точно оценивающие скорость автомобиля, ошибаются при движении иногда до 20 км/ч. Ночью количество происшествий на длинных прямых участках возрастает по сравнению с криволинейными из-за ошибок водителей, ослепленных светом фар встречных автомобилей.

По наблюдениям проф. Е. М. Лобанова, время реакции водителей на длинных прямых участках тем больше, чем монотоннее ландшафт. В конце участка длиной 6 км оно было большим, чем в конце второго километра, на 0,07 с в степи, 0,04 с в слабо-

пересеченной местности и 0,02 с в местности с разнообразным ландшафтом. После проезда 15 км время реакции увеличивалось соответственно на 0,32; 0,15 и 0,12 с. С этим увеличением связано то обстоятельство, что на длинных прямых участках длиной 10—12 км на крайних третях сосредоточивалось около 80% происшествий и лишь 15% — в средней части.

В ФРГ на магистрали Карлсруэ — Ульм, запроектированной по принципам ландшафтного проектирования, где кривые составляют 60% общей длины дороги, а коэффициент удлинения равен 1,18, количество дорожно-транспортных происшествий, связанных с утомлением водителей, составляло 32,5 на 100 млн. авт-км. В то же время на старой дороге Карлсруэ — Мангейм, где 80% протяженности составляют прямые участки, а коэффициент удлинения равен всего 1,04, количество происшествий при аналогичной интенсивности движения достигало 88,2, т. е. было почти в 3 раза больше.

Относительное количество происшествий на автомобильных дорогах на 1 км в год тем выше, чем длиннее прямой участок дороги. Технические условия ряда стран рекомендуют, чтобы длина прямых участков не превышала 1,5—4 км, что связано в основном с получившим распространение положением трассы как извилистой линии, вписывающейся в рельеф и ландшафт местности (клотоидное трассирование).

Строительные нормы и правила требуют ограничивать прямые участки в равнинной местности до 3,5—5 км на дорогах I категории и 2—3,5 км на дорогах II и III категорий, т. е. длиной, проезжаемой за 1—1,5 мин.

Требования ограничения длин прямых мотивируются желанием устранить причины рассеивания внимания водителей. При неизбеж-

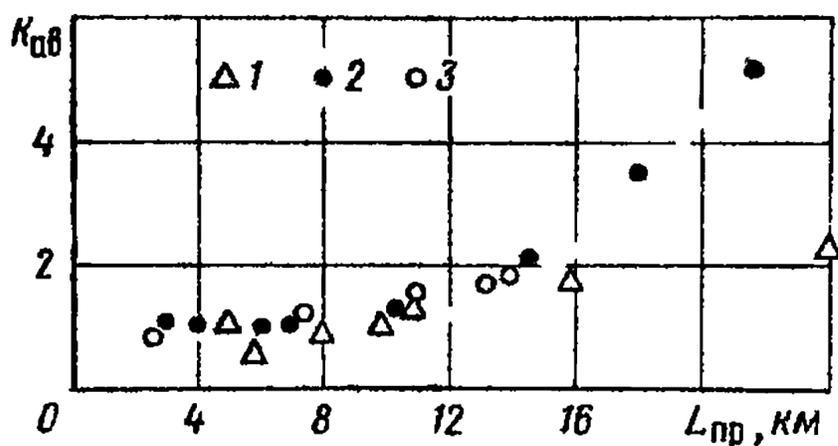


Рис. 5.1. Зависимость относительного количества дорожно-транспортных происшествий от длины прямых участков по данным:

1 — В. Бабкова; 2 — Н. Орнатского; 3 — А. Нечаева

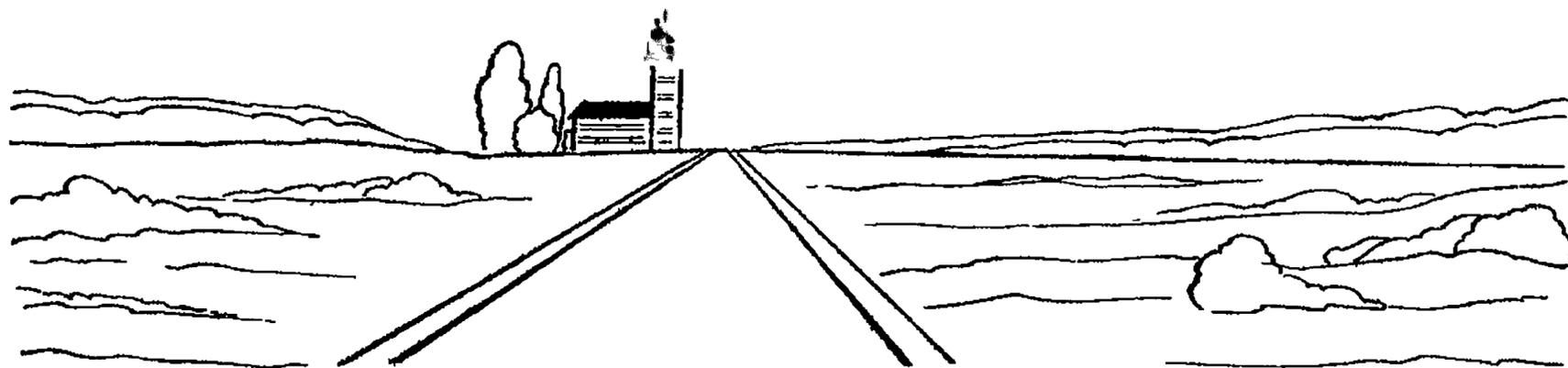


Рис. 5.2. Ориентирование длинных прямых участков дороги на возвышающиеся предметы

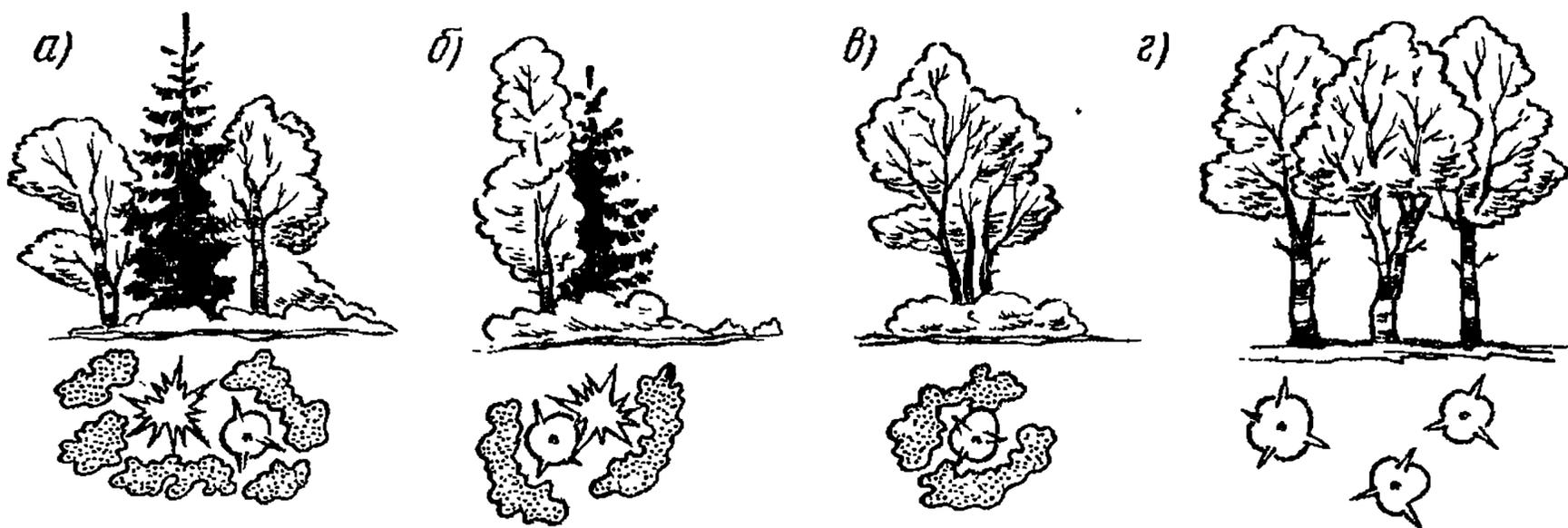


Рис. 5.3. Пример групповых придорожных насаждений:

*а* — из двух деревьев и высокого кустарника; *б* — из двух деревьев и низкого кустарника; *в* — то же из одного дерева; *г* — из деревьев без опушки

ности длинных прямых участков одновременно следует предусматривать меры по устранению их однообразия. Хорошие результаты получаются при возможности ориентирования дорог на возвышающиеся на горизонте горные вершины, высокие строения или заводские сооружения (рис. 5.2). Так как в условиях открытого степного ландшафта такие возможности ограничены, ориентиры создают искусственно в виде групп высоких деревьев или (за рубежом) установки на придорожной полосе абстрактных скульптурных металлических или железобетонных конструкций, которые привлекают внимание водителей своей необычностью.

Эффективным способом устранения однообразия на дорогах является посадка на придорожной полосе групповых декоративных насаждений (рис. 5.3), что, однако, встречает трудности, связанные в большинстве районов с отводом земли.

Каждый прямой участок дороги заканчивается переходом в кривую. Чем длиннее участок, тем устойчивее в сознании водителя сложившийся ритм движения.

В США было установлено, что на кривых в конце прямых участков длиной более 4,8 км происшествий было на 25% больше, чем после коротких прямых. Целесообразно поэтому при разработке норм на проектирование рассчитывать их радиус исходя из скорости, увеличенной на 20—25% по сравнению с расчетной.

### 5.3. Извилистость трассы в плане

Размеры радиусов кривых в плане определяют опасность и трудность движения по каждой отдельной кривой. Избираемую при ее проезде скорость водителя оценивают по соотношению своей скорости к скорости, допустимой, по их мнению, в кривой и на последующем участке. Для уверенного ведения автомобиля водителю необходимо видеть дорогу и прилегающую к ней полосу на рас-

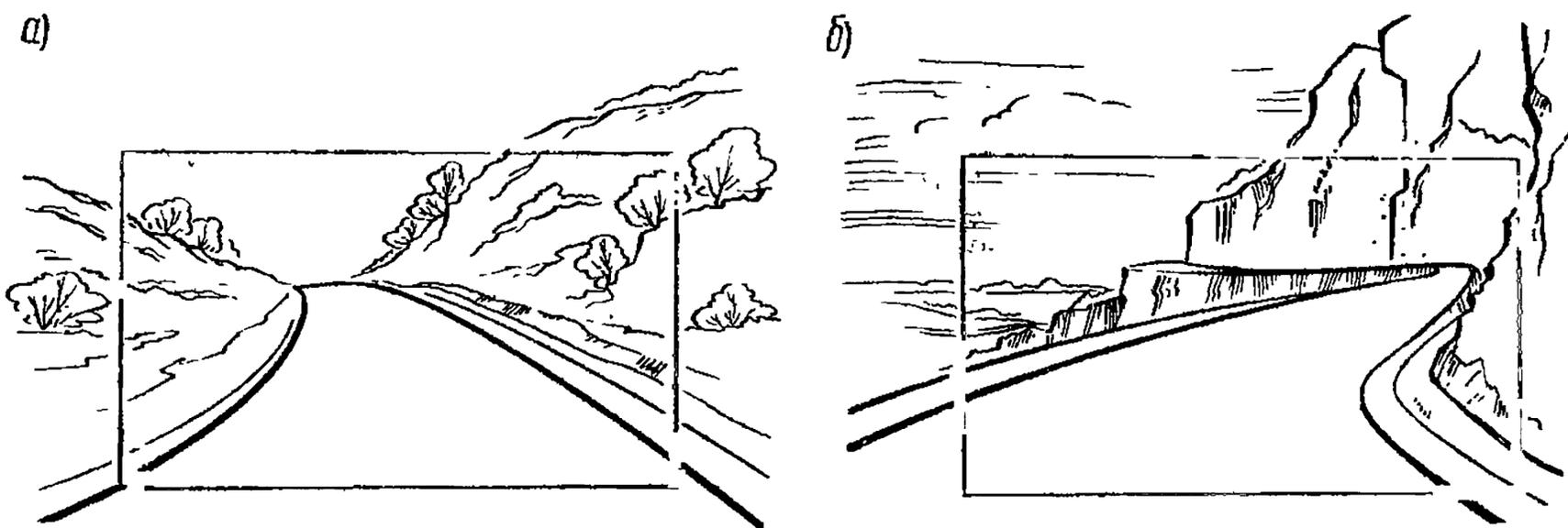


Рис. 5.4. Прямоугольник четкой видимости при разных направлениях дороги:  
 а — перед выпуклой вертикальной кривой; б — на извилистом участке дороги

стоянии, необходимом для своевременного торможения перед возникшим препятствием или осуществления маневра объезда. Частота кривых и крутизна поворотов определяют эмоциональную напряженность и внимательность водителей.

Взгляд водителя сосредоточивается в пределах сравнительно малого пространственного угла, уменьшающегося при возрастании скорости. При нормальном рабочем ненапряженном положении водителя его луч зрения не выходит из пределов так называемого прямоугольника четкой видимости размером  $10 \times 16$  см (рис. 5.4), расположенного на ветровом стекле автомобиля в 50 см от глаз.

В широком диапазоне радиусов кривых в плане для дорог Белоруссии Д. Д. Селюковым были установлены следующие зависимости среднего числа дорожно-транспортных происшествий на 1 млн авт-км от угла поворота трассы:

Угол поворота, град . . . . .	< 8	8—20	20—30	> 30
Относительное число происшествий . . . . .	1,44	1,56	1,64	2

Чем чаще расположены кривые в плане, чем меньше их радиус и больше угол поворота, тем труднее водителю вести автомобиль по извилистой дороге. Однако, с другой стороны, частые крутые повороты не позволяют развивать высокие скорости и интенсивная работа рулевым колесом при проезде кривых активизирует водителя. Поэтому в горных условиях, при большей сложности трассы и опасности дороги, относительное количество дорожно-транспортных происшествий на 1 млн авт-км обычно бывает меньшим, чем на равнинных дорогах.

Чем сложнее дорожные условия, тем внимательнее водители. Поэтому, например, на участках горных дорог, проложенных по ущельям рек, где количество кривых на 1 км достигает 8—9, а длина извилистых участков составляет 8—10 км, количество происшествий меньше, чем на других участках горных дорог. На одной из дорог, где извилистые участки составляли 31,3% ее длины, на

них возникло только 15,1% происшествий от общего количества. Почти 60% происшествий было сосредоточено в начальной части участка, где от водителей требовалось изменение ритма движения, сложившегося на предшествующих, более плавных участках.

Учитывая это обстоятельство, В. В. Чванов предложил вводить при оценке безопасности движения на горных дорогах частные коэффициенты аварийности, учитывающие извилистость трассы:

Число кривых в плане на 1 км дороги . . . . .	1—2	3	4	5	6	7	8	9	$\geq 10$
$K_{изв}$ . . . . .	1	1,1	1,2	1,5	1,8	1,7	0,9	0,7	0,5

Извилистость трассы отражается на транспортно-эксплуатационных качествах дороги. Ее увеличение приводит к снижению скоростей движения автомобилей, что существенно ухудшает эффективность использования автомобилей. На рис. 5.5 показан график зависимости относительного количества дорожно-транспортных происшествий от числа кривых в плане на 1 км по данным советских и американских наблюдений, свидетельствующий о заметном снижении количества происшествий по мере увеличения извилистости дороги. Осложнение условий движения ведет к уменьшению числа дорожно-транспортных происшествий.

Большая часть данных на графике относится к дорогам в горной местности. Увеличение числа кривых более двух на 1 км уже мало отличается на росте числа дорожно-транспортных происшествий. График подчеркивает опасность одиночных кривых малого радиуса, расположенных после длинных прямых участков. На рис. 5.6 показано влияние длины прямых вставок  $l$  между кривыми

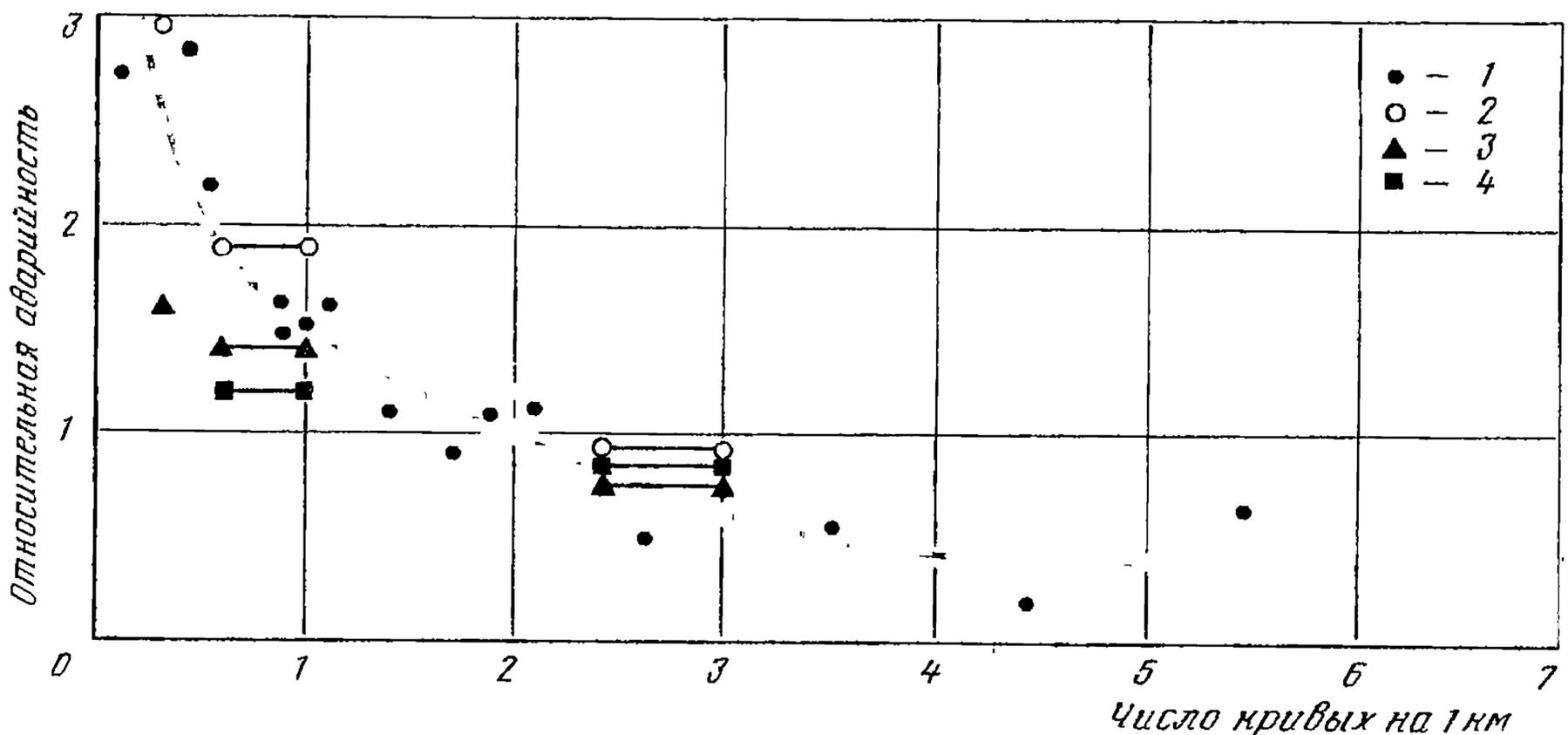


Рис. 5.5. Зависимость относительного количества дорожно-транспортных происшествий от числа кривых в плане на 1 км дороги по данным:

1 — Б. С. Муртазина и Шурова (Россия), 2 — AASHO (США) или радиусов менее 175 м; 3 — то же для радиусов от 290 до 580 м; 4 — то же для радиусов более 580 м

малых радиусов, которые при превышении длины 100 м водители пытаются с риском использовать для обгонов.

При увеличении кривизны трассы скорость движения автомобилей быстро снижается (рис. 5.7). Однако, как показывают данные Великобритании, увеличение извилистости трассы, обычно сопровождающееся увеличением углов поворота и соответственно уменьшением расстояний видимости, приводит к росту тяжести происшествий (табл. 5.1).

Еще отсутствуют общепризнанные характеристики извилистости трассы, отражающие соотношения между прямолинейными и криволинейными участками, радиусами и углами поворота. Нормирование такого комплексного показателя должно исходить из учета особенностей работы водителей и восприятия ими условий движения по извилистой трассе и является задачей дальнейшей исследовательской работы.

В литературе по дорожной тематике извилистость трассы чаще всего характеризуют следующими показателями:

средним углом поворота  $\alpha_{\text{ср}} = \frac{\sum \alpha}{n}$ , где  $n$  — число кривых;

средним радиусом  $R_{\text{ср}} = \frac{57,3 \sum K}{\sum \alpha}$ , где  $\sum K$  — суммарная длина кривых;

средним углом поворота на километр дороги на извилистых участках  $\alpha_{\text{ср}} = \frac{\sum \alpha}{L}$ , где  $L$  — длина участка, км.

Все эти показатели, как следует из рис. 5.8, не дают исчерпывающего представления об условиях движения, так как одному средне-

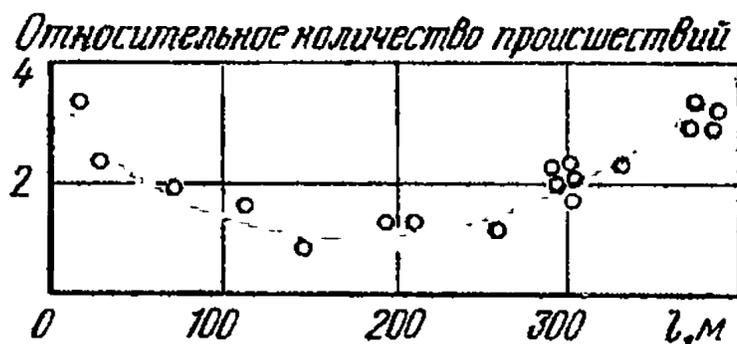


Рис. 5.6. Влияние длины прямых вставок между кривыми малых радиусов на относительную аварийность (по данным Б. С. Муртазина)

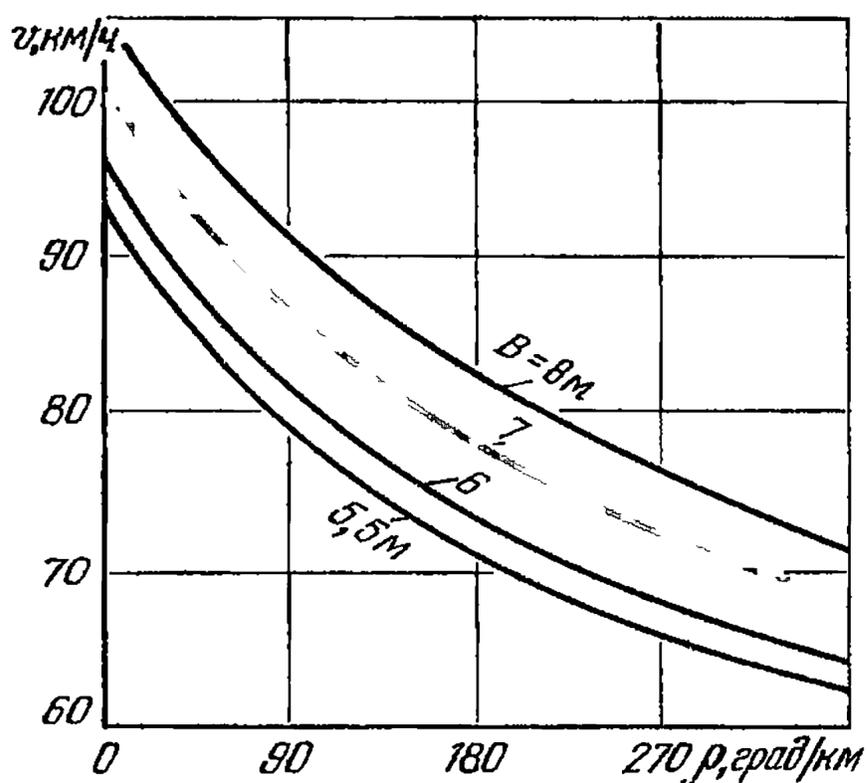


Рис. 5.7. Зависимость скорости движения автомобилей (85% обеспеченности)  $v$  от извилистости трассы  $\rho$  по данным ФРГ при разной ширине проезжей части  $B$

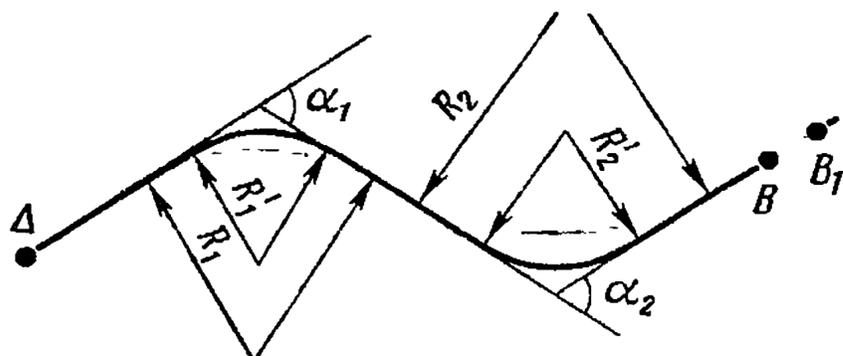


Рис. 5.8. Схемы к характеристике извилистости дороги средним углом поворота

Средний угол поворота, град/км	Количество раненых в происшествиях на 1 млн авт-км			
	Кривые радиусом, м			Прямые и кривые радиусом более 1500 м
	< 300	300—600	600—1500	
0—25	5,38	0,63	0,75	0,75
25—50	0,93	0,56	0,56	0,56
50—75	1,00	0,56	0,31	0,44
75	0,75	0,63	0,31	0,25

му значению угла поворота могут соответствовать разные радиусы кривых, а разница в длинах кривых компенсируется за счет прямых вставок. В. В. Чванов на основе опытов по исследованию нервно-психического состояния водителей при проезде по извилистым участкам горных дорог считает, что параметры расчетных условий движения лучше всего коррелируют с характеристикой извилистости трассы зависимостью

$$I = \frac{1}{L} \sum_1^n K,$$

где  $L$  — длина извилистого участка;  $n$  — число кривых на нем;

$K = \frac{\alpha}{\sqrt{R}}$  — показатель кривизны кривой ( $\alpha$  — угол ее поворота, град;  $R$  — радиус). Для участков переходных кривых показатель кривизны  $K = \frac{0,8\beta}{\sqrt{R}}$  ( $\beta$  — угол, составленный касательной к концу круговой кривой и перпендикуляром из центра окружности к трассе, равный  $\beta = \frac{L}{2R}$  рад, а  $R$  — минимальный радиус в пределах переходной кривой).

Так как при движении по извилистым участкам дороги проявляется влияние взаимных помех автомобилей, особенно при попытках совершения обгонов, напряженность работы водителей возрастает при росте интенсивности движения. На рис. 5.9 показана

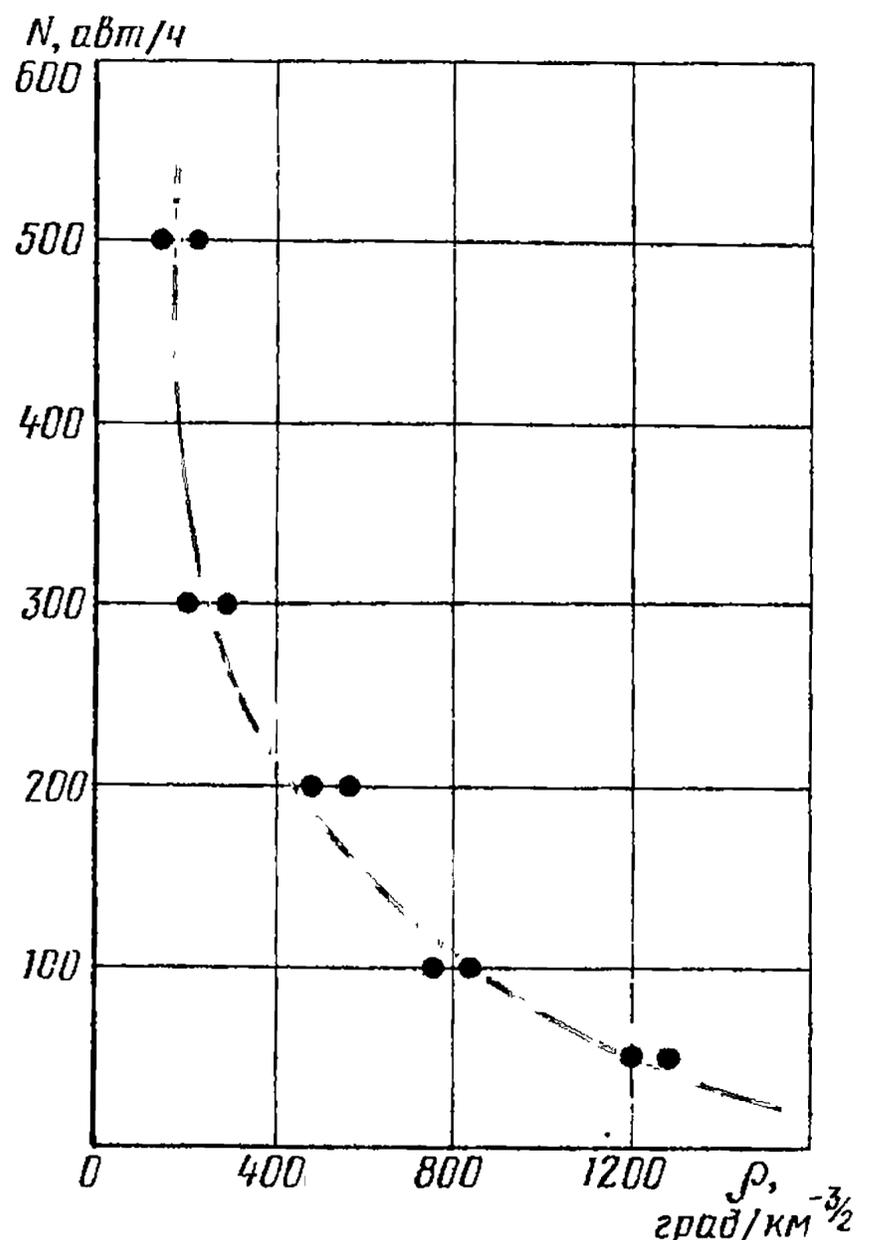


Рис. 5.9. Наибольшая оптимальная для водителей интенсивность движения при различной извилистости дорог (по данным В. В. Чванова)

зависимость предельной оптимальной для работы водителей интенсивности движения от степени извилистости трассы. Превышение этой интенсивности осложняет условия работы водителя и повышает опасность происшествий.

#### **5.4. Сочетания элементов трассы и безопасность движения**

Опасные места сосредоточения дорожно-транспортных происшествий на дорогах обычно возникают на участках изменения режимов движения, необходимость которого бывает связана с тремя причинами:

изменениями скорости, вызываемыми требованиями безопасности движения (малый радиус кривой в плане, сужение проезжей части, ограниченная видимость, скользкое или неровное покрытие и т. п.);

обгонами легковыми автомобилями грузовых с недостаточной мощностью двигателя на больших продольных уклонах;

психологическим воздействием на водителя окружающего ландшафта или неожиданным резким изменением дорожных условий (въезд после движения по открытой местности в тоннель, в узкое ущелье с извилистой трассой, установленными знаками «Падение камней», отсутствие ограждений на крутом склоне и т. п.).

Вызываемое изменением обстановки движения чувство повышенной опасности, на которое водитель реагирует изменением скорости, можно назвать психологическим сопротивлением движению. Установив путем наблюдений параметры этого сопротивления в характерных дорожных условиях, целесообразно вводить их в формулы тяговых расчетов при построении графиков скоростей движения.

В открытой равнинной и слабохолмистой местности на оценке водителями условий дальнейшего движения сказывается то, что они смотрят на него под острым углом к поверхности дороги. При возвышении глаз водителя на 1,2—1,5 м над проезжей частью и сосредоточении взгляда в 150 м от автомобиля луч зрения составляет от 1 до 10°. Восприятие вида дороги в перспективе создает у водителя искаженное представление о проложении дороги в плане и продольном профиле. Водитель воспринимает в искаженном виде удаленные участки дороги: кривые в плане, описанные по окружности, представляются ему эллипсами, длина кривых — уменьшенной, а крутизна поворота — возросшей. Короткие кривые между длинными прямыми кажутся очень резким изломом в плане, а сравнительно пологие участки за длинными спусками — крутыми подъемами.

На рис. 5.10 показан вид в перспективе поворота дороги всего лишь на 5°. Кривая, описанная достаточно большим радиусом (1000 м), воспринимается издали как крутой изгиб дороги. Обман зрения возникает и на прямолинейных пересечениях широких долин. Водителю, взгляд которого направлен параллельно проезжей части дороги, кажется, что впереди на дороге после пере-

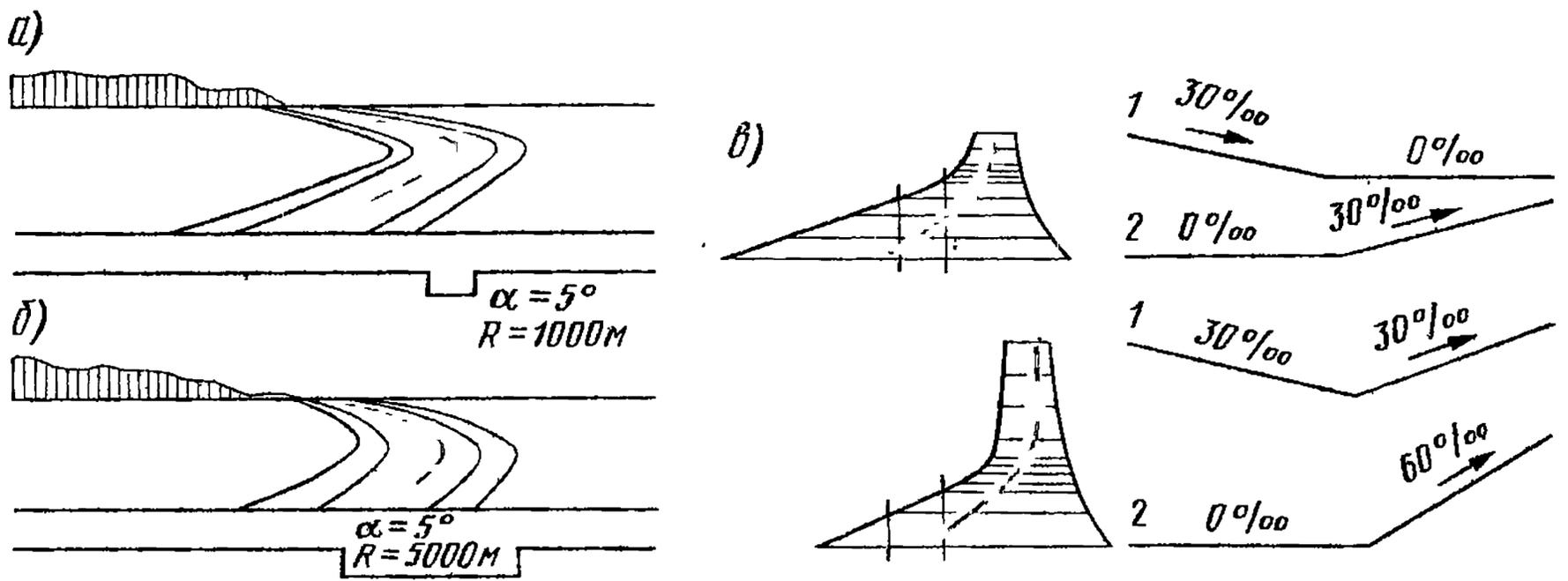


Рис. 5.10. Искажение вида дороги в перспективе:

*а* — кривая малого радиуса воспринимается как крутой излом; *б* — увеличение радиуса кривой способствует зрительной плавности дороги; *в* — влияние продольного уклона (горизонтальный участок за длинным спуском кажется подъемом, а небольшой подъем — очень крутым);

1 — фактическое соотношение уклонов; 2 — кажущееся соотношение

сечения долины расположен крутой подъем, уклон которого равен сумме фактических уклонов и подъемов (рис. 5.10, *б*). Водителей, мало знакомых с дорогой, этот искаженный вид дороги иногда вынуждает снижать скорость движения.

Неудачны с точки зрения безопасности движения дороги, проложенные поперек цепей холмов в слабохолмистой местности. На дороге, проложенной в продольном профиле, огибая рельеф местности, имеются участки, не просматриваемые издали (рис. 5.11, *а*). При совмещении кривых в плане с вогнутыми кривыми

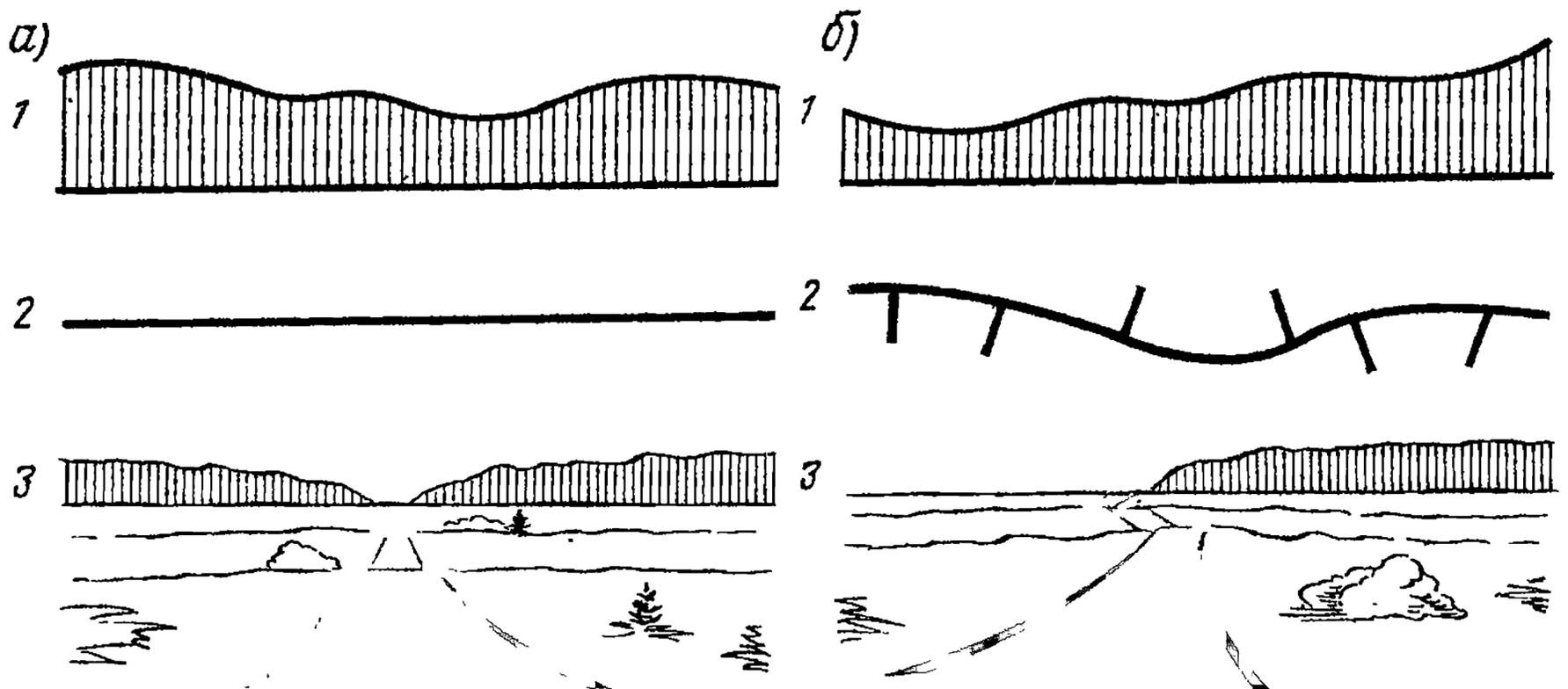


Рис. 5.11. Нарушение плавности трассы:

*а* — частые переломы продольного профиля на прямом участке; *б* — извилистость трассы при частых переломах продольного профиля («биение трассы»);

1 — продольный профиль; 2 — план трассы; 3 — вид дороги в перспективе

при взгляде издалека дорога, меняющая свое направление, имеет некрасивый беспокойный вид, называемый «биением трассы» (рис. 5.11, б).

В ряде случаев дорога обманывает водителя неожиданным, обнаруживаемым только при непосредственном приближении изменением своего направления. Такие места очень опасны, особенно ночью, при освещении дороги узким пучком света фар. Некоторые примеры показаны на рис. 5.12. Предупреждение водителей установкой знаков недостаточно, так как они не всегда уделяют должное внимание их информации. Указания о своем дальнейшем направлении, даже за пределами непосредственной видимости, должны давать сами дороги средствами «зрительного ориентирования водителей».

Безопасная дорога должна «вести водителя», не вызывая у него сомнений в дальнейшем направлении движения. Влияние вида придорожной ситуации на режимы движения делает более безопасными дороги, построенные в соответствии с современными принципами ландшафтного проектирования, проложение которых согласовывается с формами рельефа и ситуацией придорожной полосы. Эти дороги не пересекают отроги холмов глубокими выемками и высокими насыпями, а следуя основным формам рельефа, вписываются в них по возможности без нарушения закономерностей придорожного ландшафта. Откосы их земляного полотна плавно переходят в окружающую местность. Трасса дорог, согласованных с ландшафтом, обычно состоит из отрезков окружности, соединенными между собой длинными переходными кривыми — клотоидами, кривизна которых изменяется постепенно. В последние годы получило распространение трассирование сплайнами — отрезками кубических полиномов, еще лучше вписывающихся в местность. На таких дорогах прямолинейных участков мало и основными элементами трассы становятся криволинейные участки. Резкие изменения элементов трассы и зрительные искажения ее вида практически отсутствуют. Земляное полотно дорог плавно сочетается с прилегающей местностью и имеет обычно пологие откосы. Следует, однако, отметить, что опережающее развитие автомобильного транспорта по сравнению с дорожным строительством и работа дорог в условиях связанного режима движения групп автомобилей вынуждает для предотвращения попыток опасных обгонов специально вводить в криволинейную трассу «обгонные» участки длиной 1—1,5 км.

Статистика дорожно-транспортных происшествий показывает, что на дорогах, запроектированных и построенных в соответствии с принципами ландшафтного проектирования, бывает меньше дорожно-транспортных происшествий, чем на дорогах, построенных традиционным способом с прямыми участками, сопрягающимися круговыми кривыми без тщательного согласования с ландшафтом.

По результатам наблюдений за режимами движения и данным статистики дорожно-транспортных происшествий в бывшем СССР и

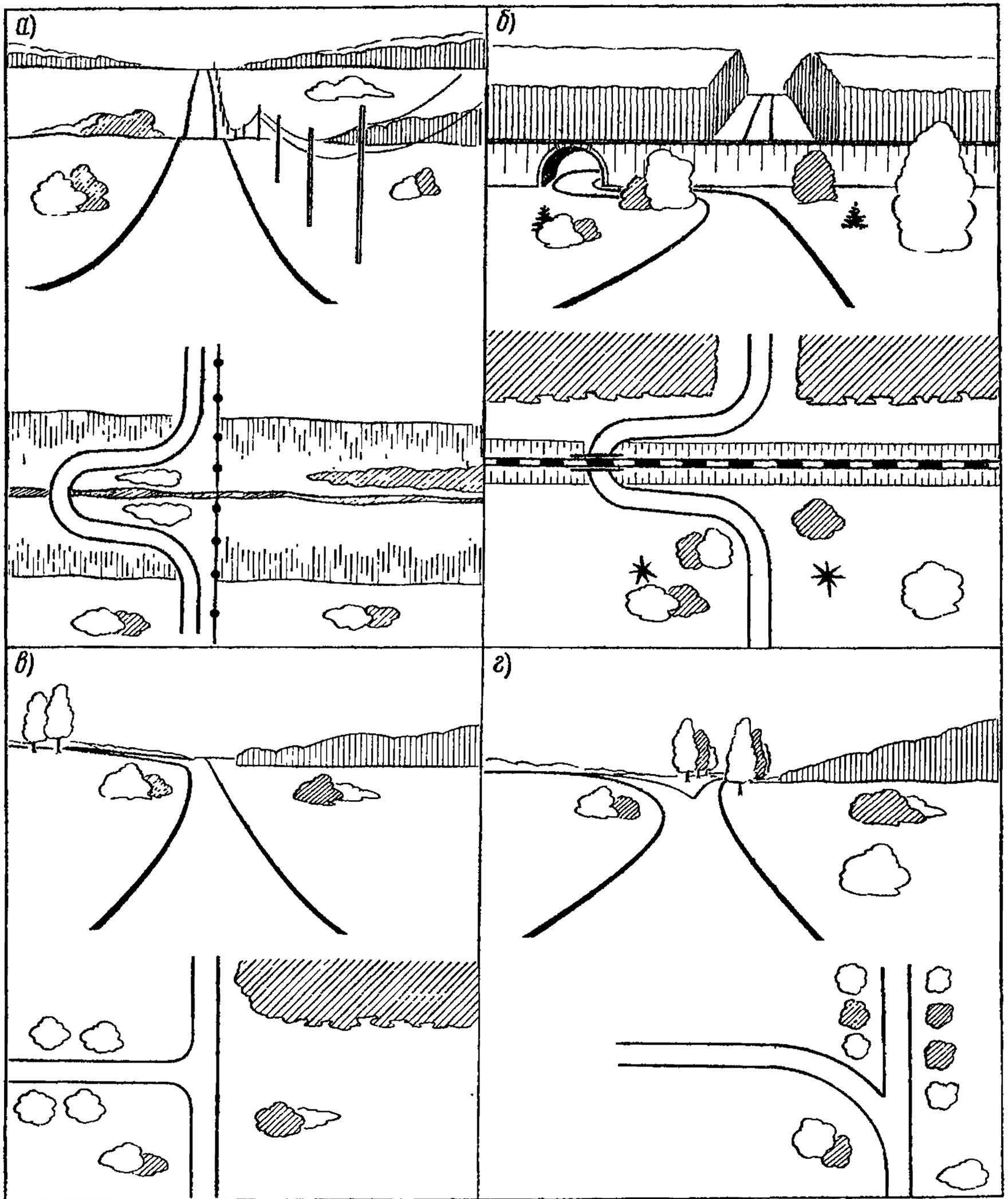


Рис. 5.12. Примеры неудачного расположения примыканий и неожиданных поворотов, создающих у водителей ошибочное представление о направлении дороги:

*а* — поворот дороги для спуска на склоне с малым продольным уклоном; *б* — скрытый поворот для прохода под железной дорогой, особенно опасный в ночное время; *в* — примыкание второстепенной дороги на водоразделе, создающее впечатление крутого поворота дороги; *г* — поворот основной дороги, создающий впечатление, что она продолжается по прямому направлению

США были предложены корреляционные зависимости, связывающие скорости движения и количество происшествий с характеристиками дороги.

Предложенная Н. П. Орнатским<sup>1</sup> система оценки транспортных качеств и степени обеспечения безопасности движения учитывает следующие характеристики:

геометрические элементы трассы (относительная протяженность выпуклых кривых и кривых в плане, отклонения от оптимальной извилистости, отношение суммы превышений отметок возвышенных мест над пониженными к длине дороги);

удовлетворение требований охраны окружающей среды (занимаемые площади ценных сельскохозяйственных угодий, лесов, парков, заповедников; относительная протяженность дороги в пределах населенных пунктов и максимальное превышение в них транспортного шума);

эстетические показатели (относительная протяженность участков с привлекательным ландшафтом и архитектурных бассейнов<sup>2</sup> с длиной, более оптимальной, участков с расстоянием видимости менее оптимального, участков с монотонными аллеями насаждениями и прямолинейных лесных просек; число мест с красивыми видами на удаленный ландшафт);

степень благоустройства дороги (число площадок отдыха, средний интервал между местами кратковременных стоянок, обеспеченность проезжающих питанием на придорожной полосе, средний коэффициент загрузки стоянок у придорожных предприятий торговли и питания, степень привлекательности этих предприятий для автомобилистов).

По Н. П. Орнатскому, характеристикой дороги является сумма 19 показателей ( $B_1—B_{19}$ ), оцениваемых по 10-балльной системе. Некоторые из этих показателей, на первый взгляд, не связаны с дорожными условиями. Но они влияют на режим движения, поскольку создают у водителя общее впечатление о дороге, то настроение, с которым он ведет автомобиль и преодолевает те сложности, которые перед ним ставят трасса и встречающиеся на пути осложнения дорожных условий.

Проверка методики на нескольких маршрутах показала, что средняя скорость проезда участков дороги с достаточной точностью описывается зависимостью  $v_{\text{ср}} = 0,286 \Sigma B + 56,9$ , а относительная аварийность (без наездов на пешеходов) в числе происшествий на 1 км дороги в год  $Y = 0,85 - 0,0095 \Sigma B$ .

<sup>1</sup> Орнатский Н. П. Благоустройство автомобильных дорог. М.: Транспорт, 1986. С. 110—117.

<sup>2</sup> Архитектурным бассейном называют участок местности, открывающийся перед водителем с вершины выпуклой вертикальной кривой, в пределах которого видна дорога.

В США Тэвидсон и Тзуме предложили для автомобильных магистралей США зависимость между количеством ранений при дорожно-транспортных происшествиях на 10 млн. авт-миль  $Y = 0,0748 - 0,0019S$ , где  $S$  — сумма баллов от 0 до 30, которыми по ряду показателей оценивают «сценичность» дорог.

### 5.5. Экологическая обстановка и безопасность движения

Постройка дороги и открытие по ней движения вносят изменения в сложившееся за длительный период времени экологическое равновесие в прилегающей местности. Для растительности оно связано с нарушением условий поверхностного стока на склонах и изменением водно-теплового режима придорожной полосы, для условий жизни населения и обитания животного мира — с отрицательными последствиями автомобильного движения. Опасность автомобильного движения в населенных пунктах была освещена в § 4.9, где рассматривался рост числа дорожно-транспортных происшествий на дорогах, проходящих через населенные пункты.

Более неожиданными становятся происшествия на дорогах, проходящих через лесные массивы и заповедники. В них дорога часто перерезает традиционные пути движения животных к местам питания и водопоя, а также их сезонных миграций. Обычно места перехода бывают привязаны к участкам, где дорога мало отличается от окружающей местности, — невысокие насыпи или мелкие выемки, места перехода из выемки в насыпь. Переходы сосредоточиваются на полосе шириной 600—800 м. Неожиданно выбегающие на дорогу животные создают опасность наездов с тяжелыми последствиями, часто сопровождающимися смертельными исходами для водителей и пассажиров. Большинство таких происшествий случается в сумерки и темное время суток. В это время животные становятся активнее и плохо видны на фоне леса. Опасность наездов повышается неожиданностью и непредсказуемостью поведения животных, которые, добежав до середины дороги, могут броситься назад или, спокойно стоя на придорожной полосе, в последний момент пытаться перебежать дорогу непосредственно перед автомобилем. Опасность наездов на диких животных характерна не только для заповедников, но и для густонаселенных местностей, вплоть до Подмосковья, в связи с быстрым увеличением численности животных в результате проведения природозащитных мероприятий.

Наиболее опасны столкновения с лосями, которые во многих местностях стали наиболее распространенными дикими животными. В Подмосковье лосей 53%, но из числа животных, погибших при наездах, они составляли 90%, тогда как, например, кабаны (35%) составляли только 8%. На одной из магистральных дорог в лесной

тодов улучшения условий движения. Методы коренного улучшения путем перестройки должны сочетаться с мероприятиями, направленными на улучшение организации движения дорожными средствами. Ему следует уделять большое внимание, поскольку в условиях недостаточной плотности дорожной сети технико-экономические обоснования необходимых условий движения на существующих дорогах не всегда бывают убедительными для планирующих организаций. Затраты на дорожные работы осуществляются из фондов дорожных организаций, а получаемый экономический эффект от улучшения дороги расплывается между многочисленными пользователями дороги и остается неучтенным.

Исправление опасных мест всегда бывает связано с отказом от их отдельных участков. Их целесообразно использовать для оборудования площадок отдыха, съездов на прилегающие полевые дороги. Остальные участки должны быть разобраны.

Грунт из насыпей следует использовать для проводимых строительных работ, а освободившаяся полоса местности после рекультивации должна быть передана сельскохозяйственным организациям.

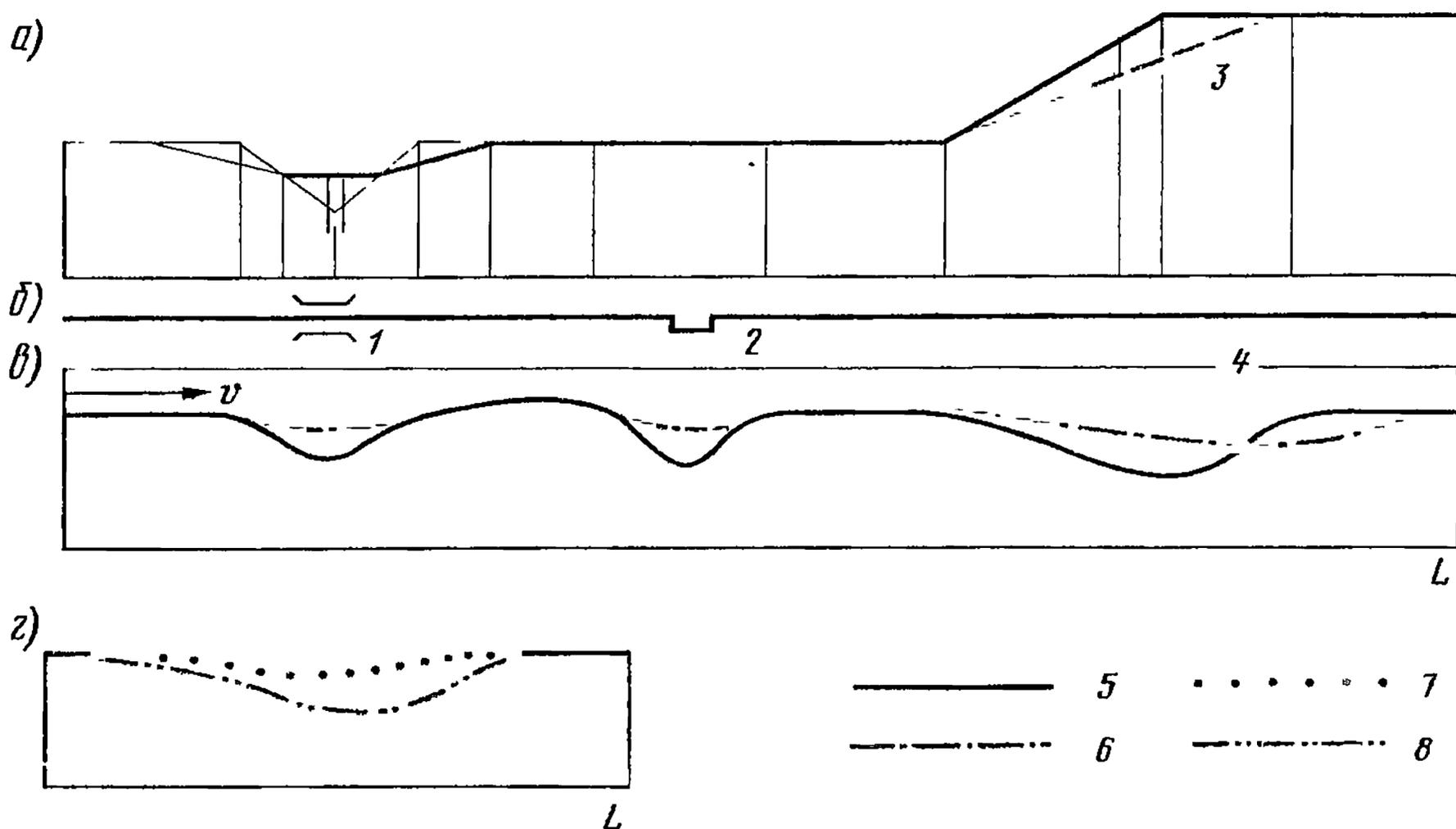


Рис. 8.4. Схема повышения транспортно-эксплуатационных характеристик выборочным исправлением отдельных участков:

а — продольный профиль; б — спрямленный план трассы; в — эпюра средних скоростей движения в направлении, указанном стрелкой; г — скорости движения на подъеме до и после устройства дополнительной полосы;

1 — узкий мост; 2 — кривая малого радиуса; 3 — смягчение продольного уклона; 4 — дополнительная полоса движения на подъеме; 5 — скорость движения до улучшения дороги; 6 — средняя скорость после улучшения; 7 — скорость легковых автомобилей; 8 — скорость грузовых автомобилей

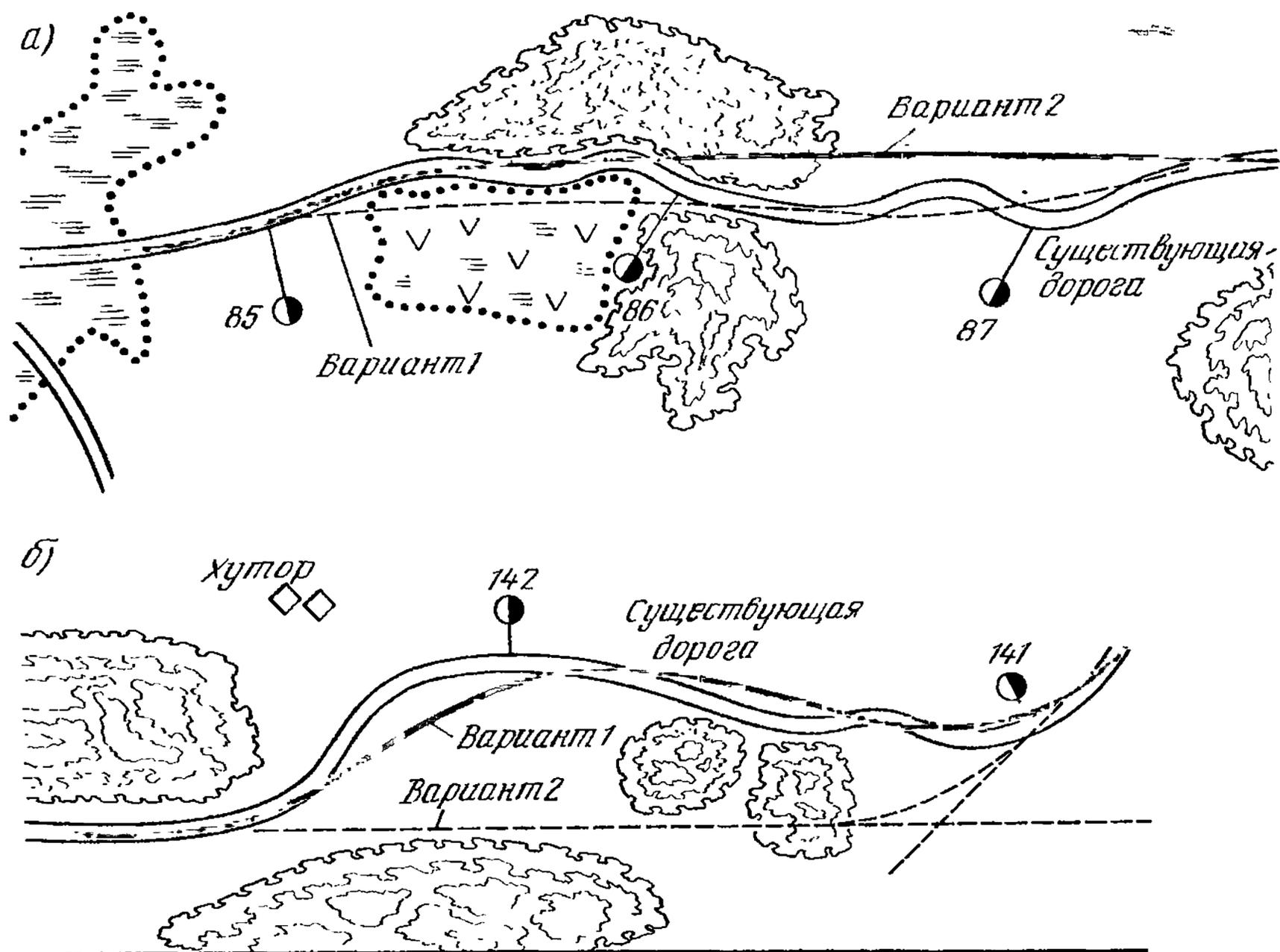


Рис. 8.5. Два примера устранения необоснованной извилистости дороги:  
 а — на прямом участке; б — на сопряжении кривых

Неиспользуемые заброшенные участки дороги создают у местного населения впечатление малой обоснованности проводимых дорожных работ — постройки новой дороги рядом с существующей.

## 8.2. Очередность проведения мероприятий по обеспечению безопасности движения

При построении графиков итогового коэффициента аварийности иногда получается, что значения коэффициента на участках, нуждающихся в исправлении, отличаются сравнительно мало. В случаях когда возможности быстрого улучшения всей дороги ограничены, очень важно правильно установить очередность перестройки опасных участков. Для этой цели О. А. Дивочкиным разработан метод дополнительного учета тяжести дорожно-транспортных происшествий при построении графиков коэффициентов аварийности. Он основан на том, что в связи с различием в скорости транспортных потоков и характера выполняемых маневров виды происшествий меняются, как показано в гл. 4. Поэтому рав-

зоне европейской части России ежегодное количество столкновений с лосями составляло 5—14% общего числа дорожно-транспортных происшествий — столько же, сколько наездов на пешеходов.

При столкновениях с лосями один случай гибели водителя или пассажира приходится на 35—40 наездов, ранения случались в одном из каждых 2,5—4 случаев. Каждый второй лось при наезде погибал.

В Финляндии происшествия с участием лосей настолько часты, что проводится ежегодный планомерный отстрел лосей для регулирования их численности. Это связано с тем, что, начиная с 70-х годов, численность лосей начала быстро возрастать и количество происшествий с их участием превысило 2100 в год. На некоторых главных дорогах, наиболее населенного юга страны столкновения с лосями составляют половину всех дорожно-транспортных происшествий.

Большая часть их происходила зимой и 70% в темное время суток.

Ряд попыток отпугивать животных от дороги установкой на опушке специальных красных стекол — катафотов или полированных пластин, имитирующих при освещении фарами автомобилей глаза хищников, дали противоречивые результаты. В некоторых случаях установка привела к снижению на 40—60% числа происшествий, связанных с выбеганием животных на дорогу, в других эффект был малоощутим, а с течением времени из-за привыкания животных полностью исчезал.

Наиболее эффективным средством предупреждения происшествия является установка вдоль дороги сетчатых ограждений. Эти заборы должны быть прочными и высокими, чтобы животные не могли их повалить или перепрыгнуть. Против лосей и оленей необходимы прочные заборы не ниже 2,5 м, против косуль и ланей — 1,5—2 м, кабанов — 1,2 м. Длинные заборы не удовлетворяют требованиям экологии, отражаясь на условиях передвижения животных, которые в заповедниках не должны нарушаться. Поэтому участки ограждений должны быть небольшой длины и сочетаться со специальными сооружениями для прохода животных. Заборы, ограждающие дорогу, должны плавно направлять животных к месту перехода (рис. 5.13, а). Так как животные боятся узких темных проходов вроде длинных труб большого диаметра, ширина проходов под высокими насыпями должна не менее чем в 10 раз превышать их высоту. Целесообразно участки высоких насыпей и трубы заменять более длинными мостами, а через выемки перекидывать уширенные путепроводы. Поскольку для перехода дороги животные стремятся возможно ближе подойти к дороге, скрываясь в лесу, полезно для сосредоточения переходов в одном месте уширять расчищаемую при постройке полосу леса, подсаживая отдельные, приближающиеся к дороге, выступы деревьев и кустарников, направленные к местам безопасного перехода через дорогу

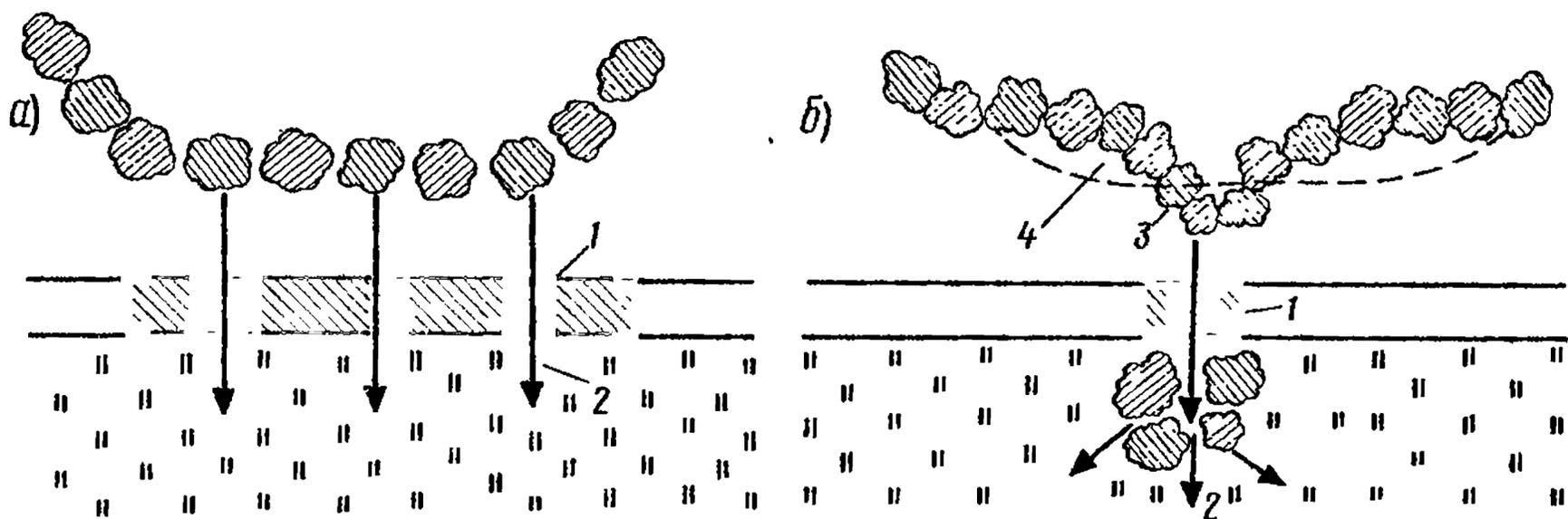


Рис. 5.13. Места переходов животных через дорогу:

а — при постоянной ширине полосы отвода; б — при подсадке леса, приближающейся к дороге;

1 — опасный участок дороги; 2 — путь животных; 3 — подсадки деревьев; 4 — вырубка

(рис. 5.13, б). У этих мест должны быть поставлены дорожные знаки, требующие от водителей повышенного внимания.

Помимо крупных животных, наезд на которых сопряжен с серьезной опасностью для едущих, на дорогах гибнет много мелких животных. В местах их сосредоточенного многолетнего обитания дороги ограждают расположенными под углом к ним невысокими изгородями, направляющими животных к уложенным под дорогой круглым или прямоугольным трубам с отверстием в свету в зависимости от длины от 1 до 1,5 м так, чтобы их низ возвышался на 8—10 см над поверхностью земли и в них не возникали застои воды. На дно трубы укладывают тонкий слой земли и листьев.

Опасными для движения являются массовые сезонные миграции стад животных в степях и тундре. Для перемещающихся большими стадами крупных животных (северных оленей, сайгаков), пути движения которых в разные годы могут не совпадать, а ширина бегущего стада значительна, невозможно построить какие-либо сооружения для пропуска стад через дорогу. Даже дороги, проложенные в невысоких насыпях, не отличаясь от природного ландшафта, отпугивают стада, вынуждая их скапливаться перед дорогой, а потом массами перебежать через нее. Некоторое улучшение может быть достигнуто устройством очень пологих одернованных откосов бесцветного земляного полотна.

Безопасность движения по дороге в такие периоды полностью зависит от водителей и может потребовать перерыва движения для пропуска стад.

Особым случаем являются места массовой сезонной миграции земноводных и пресмыкающихся. В местах, где дорога проходит вдоль склона местности и неподалеку от нее расположены болота, весной и осенью происходит массовая миграция лягушек, направляющихся весной из болота после метания икры на расположенные

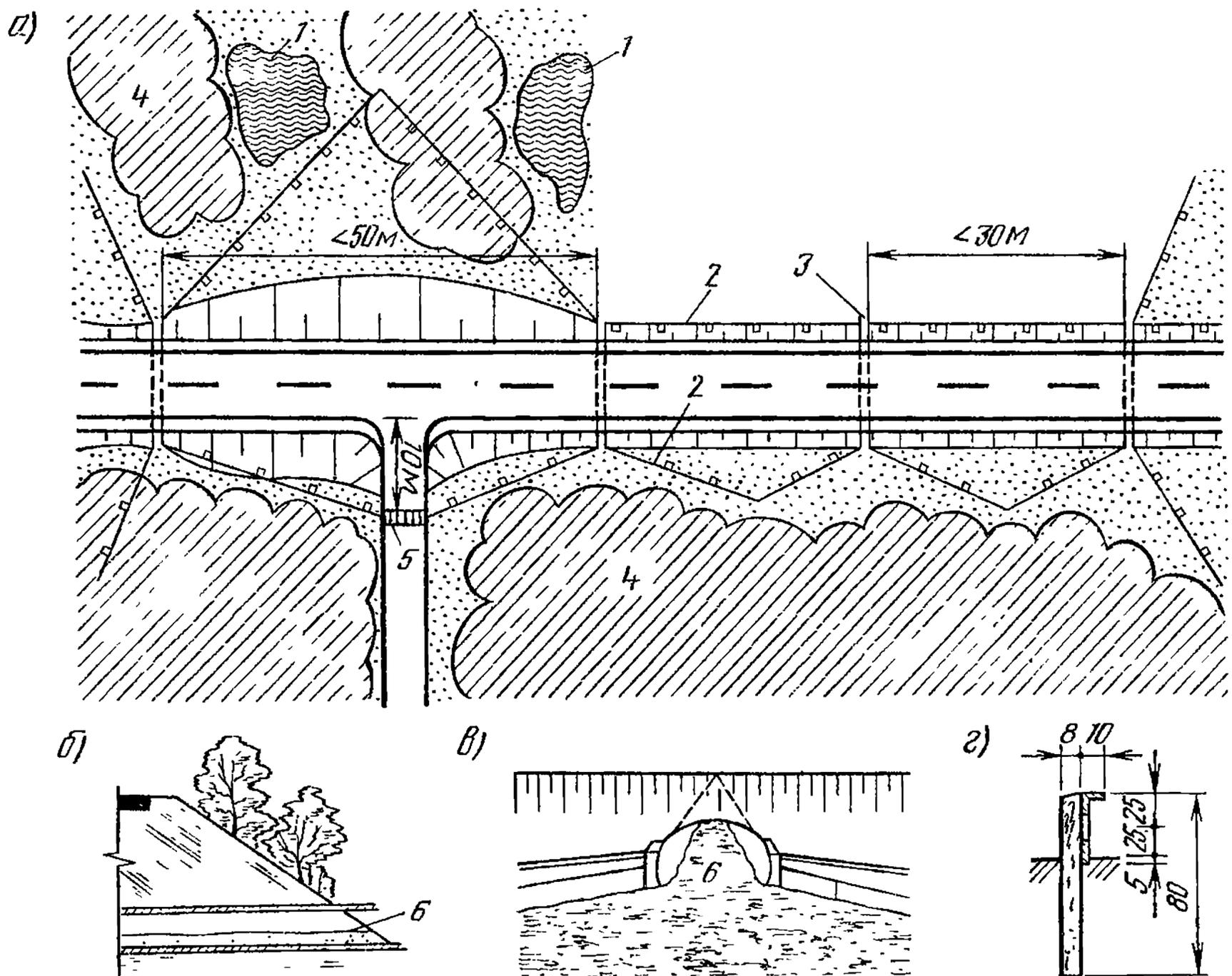


Рис. 5.14. Система ограждений для пропуска через дорогу земноводных во время сезонных миграций:

*а* — план местности; *б* — поперечный профиль насыпи с трубой для прохода земноводных; *в* — вид входного отверстия в трубу; *г* — конструкция деревянного ограждения; *1* — болото; *2* — ограждение, направляющее к трубе; *3* — труба для прохода земноводных под дорогой; *4* — зона летнего обитания земноводных; *5* — решетка над поперечным лотком на примыкании дороги; *6* — грунт и листья

выше по склону поля, а осенью спускающихся на зимовку в болото. Большое количество гибнущих на проезжей части под колесами автомобилей полезных земноводных, недопустимое по соображениям охраны природы, создает опасность заноса для быстро едущих автомобилей. В ФРГ специальные технические условия требуют в таких местах закладывать в земляном полотне пропускные трубы диаметром в зависимости от их длины 1—1,5 м (рис. 5.14). Под углом к дороге устанавливают невысокие ограждения высотой 50—60 см, которые направляют движущихся вдоль них лягушек к трубам.

Количество перемещающихся во время сезонных миграций земноводных и пресмыкающихся может быть очень большим. Из литературы известно, что в США на одной из дорог национального

парка в штате Иллинойс дважды в год, в апреле и начале октября, на 3 нед. закрывают движение, так как на 3-километровом участке происходит сезонное перемещение змей, большинство которых ядовито, из мест зимовки в скалах к местам летнего обитания на заболоченных низинах.

### **Контрольные вопросы**

1. Как влияют взаимные сочетания элементов трассы и искажение их вида издали на скорость движения автомобилей?
2. Каковы особенности движения автомобилей по длинным прямым участкам в открытой степной местности?
3. Как влияет извилистость дороги в плане на условия движения, скорость и аварийность?
4. Что такое «зрительное ориентирование водителей»?
5. Почему на дорогах, построенных в соответствии с принципами ландшафтного проектирования, бывает меньше дорожно-транспортных происшествий?
6. Какова связь между безопасностью движения по дороге и требованиями охраны окружающей среды?
7. Как защищаются от животных на дороге и обеспечивают их безопасный переход через нее?

### 6.1. Пути подхода к выявлению опасных участков дорог

Оценка степени безопасности движения по дороге имеет основное значение для служб эксплуатации дорог и организации движения при выявлении опасных участков и разработке мероприятий по их реконструкции или улучшению условий движения. На недавно построенных дорогах, запроектированных по современным строительным нормам и правилам, опасные участки могут возникнуть только при нарушении проектировщиками или строителями нормативных требований к элементам трассы или становиться опасными в результате превышения водителями расчетных скоростей или скоростей, соответствующих коэффициентам сцепления шин с покрытием при ухудшившейся погоде.

Все предлагавшиеся методы выявления опасных участков основаны на данных статистики дорожно-транспортных происшествий.

В разное время были предложены следующие методы: 1 — оценка дорог баллами; 2 — анализ статистических данных методами теории вероятностей; 3 — использование данных многофакторного корреляционного анализа; 4 — анализ эпюры скоростей движения (методы коэффициентов безопасности и «шума ускорения»); 5 — анализ при помощи коэффициентов относительного влияния отдельных элементов дороги (метод коэффициентов аварийности); 6 — метод конфликтных ситуаций.

Оценка дорог баллами — один из старейших методов, уже выходящий из употребления. Примером может служить методика, применявшаяся в Норвегии при планировании реконструкции дорог. Условия безопасности движения оценивали суммой баллов, учитывающих семь характеристик дороги — ширину покрытия и обочин, радиусы кривых в плане, видимость из условия обгона, близость к дороге строений на придорожной полосе, наличие автобусных остановок, видимость пересечений в одном уровне и ровность покрытия. Для каждого элемента имелась шкала баллов, причем балл 10 соответствовал благоприятным условиям движения по дороге. Показанный на рис. 6.1 график зависимости числа происшествий на 18 участках разных дорог хотя и свидетельствует о наличии корреляционной зависимости, но характеризуется значительными отклонениями отдельных точек от средней кривой, снижающими надежность прогнозирования.

Аналогичные системы оценки качества дорог суммой баллов в целях выявления мест первоочередной реконструкции предлагались в Великобритании, США и Франции. В СССР профессор В. М. Сиденко и А. А. Рыбальченко предложили близкий по идее квалиметрический метод оценки качества дороги. В нем комплексно учитывались три группы факторов, влияющих на безопасность движения — технические (геометрические параметры дороги, условия движения), эргономические (эстетические качества дороги, психофизиологические особенности восприятия дорог водителями) и экономические, связанные с затратами на строительство и последующее содержание дороги.

Системы комплексной оценки дорог баллами, учитывающими не всегда связанные друг с другом требования к дороге, являются условными. В принципе неправильно их объединять в одном показателе, поскольку они могут противоречить друг другу. Так, например, повышенная прочность дорожной одежды не может компенсировать наличие на дороге опасных мест, а улучшение комфортабельности проезда путем устройства усовершенствованного покрытия на дороге с неблагоприятной трассой даже приводит к росту числа дорожно-транспортных происшествий. Поэтому оценка дороги баллами по отдельным показателям более правильна.

Предложения о выявлении опасных мест на дорогах по данным статистики дорожно-транспортных происшествий с использованием методов теории вероятностей высказывались неоднократно в ряде стран. Они исходили из предпосылки, что на дороге с одинаковой на всем протяжении степенью обеспечения безопасно-

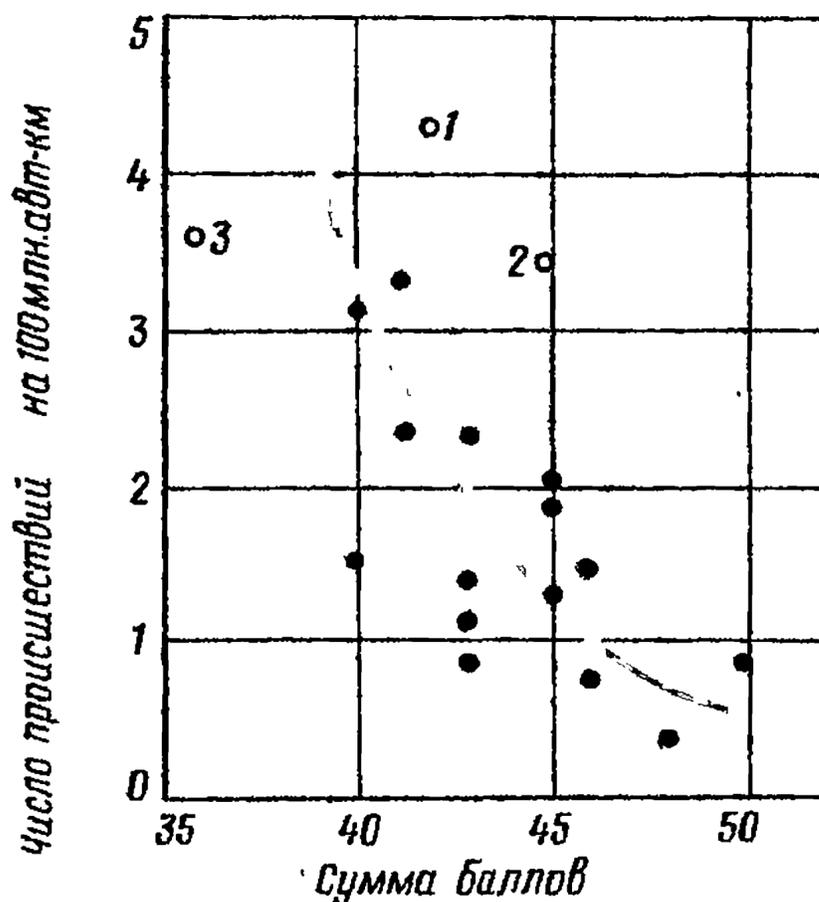


Рис. 6.1. Зависимость между числом дорожно-транспортных происшествий и суммой баллов, оценивающих дорогу по норвежской системе

Выпадающие точки 1, 2 и 3 относятся к населенным пунктам

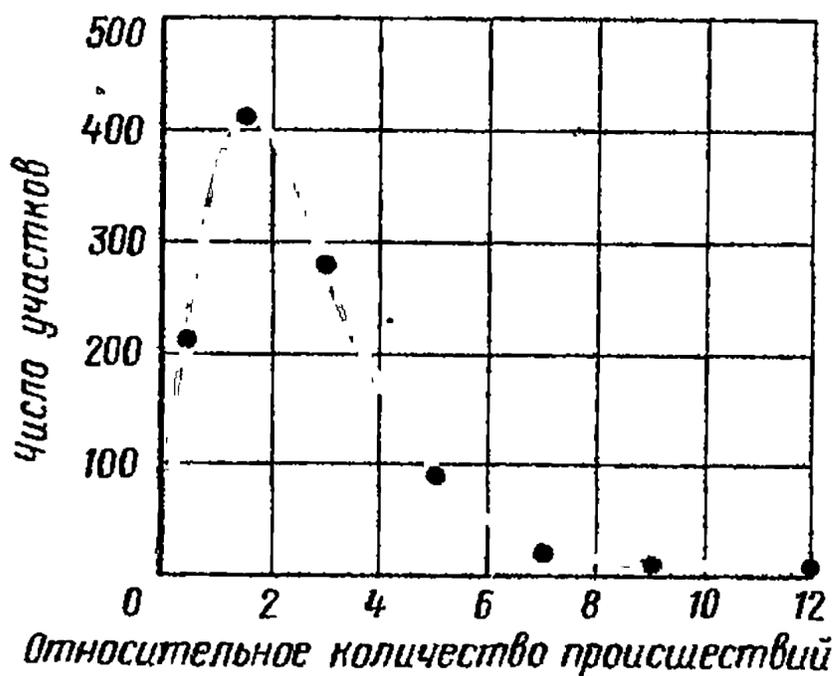


Рис. 6.2. Распределение числа участков дорог с разным относительным количеством дорожно-транспортных происшествий

сти движения возникновение происшествий является случайным редким событием, подчиняющимся закономерностям теории вероятностей. Обработка статистических данных о происшествиях показала, что в таких случаях количество участков дороги равной длины с различным числом случившихся происшествий хорошо соответствует биномиальному распределению или распределению Пуассона.

На рис. 6.2 показано распределение данных о происшествиях на опасных участках сети дорог Испании протяженностью 1054 км. Для учета разницы в интенсивностях движения по разным дорогам количества происшествий были выражены в долях среднего количества происшествий на всей сети дорог страны, равного 68 случаям на 100 млн. авт-км пробега. Количество участков с разными относительными количествами происшествий хорошо соответствует распределению Пуассона.

Идея выявления опасных участков на основе методов математической статистики заключается в проверке — является ли повышенное количество происшествий на отдельных участках какого-то маршрута случайным или это результат проявления систематического влияния каких-то местных факторов, осложняющих условия движения. Для этого оценивают по критериям согласия расхождение между вероятностями возникновения происшествий на рассматриваемом участке и на всей дороге или избранном на нем заведомо безопасном эталонном участке.

По графику распределения мест происшествий на дороге за несколько лет, исключая при этом из рассмотрения происшествия, сосредоточивающиеся на явно опасных участках (узкому мосту, крутом повороте в конце затяжного спуска), находят наименьшее расстояние между местами двух происшествий (рис. 6.3). Допуская, что на участке дороги такой длины не может быть более одного происшествия, можно сделать вывод, что вероятность происшествия на одном отрезке основной дороги длиной  $\Delta l$   $\bar{p}_1 = \frac{N_1 \Delta l}{L}$ , где  $N_1$  — количество происшествий на дороге за рассматриваемый период времени;  $L$  — протяженность дороги. Аналогично вероятность происшествий за тот же период времени на рассматриваемом участке дороги  $\bar{p}_2 = \frac{N_2 \Delta l}{l}$ , где  $N_2$  и  $l$  — соответственно количество происшествий и протяженность участка.

Для оценки того, является ли различие вероятностей свидетельством несоответствия вероятности происшествий на рассматриваемом участке распределению для всей дороги, используют кри-

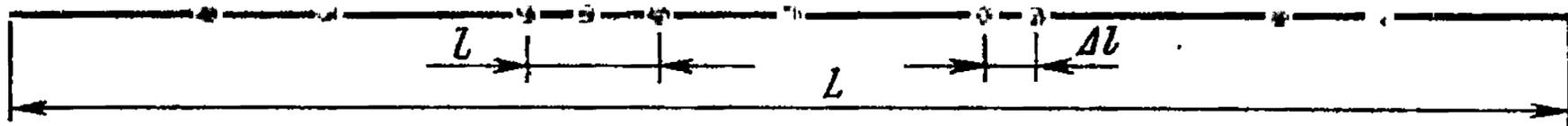


Рис. 6.3. Схема распределения мест дорожно-транспортных происшествий на дороге (точками обозначены места происшествий)

Таблица 6.1

Значения	Оценка разницы вероятностей	Степень опасности
$Z \geq 1,65$	Различие вероятностей не случайно	Участок опасен
$0,02 < Z < 1,65$	Данные статистики недостаточны для оценки	Следует проверить участок по частям
$Z \leq 0,02$	Различие случайно	Участок не более опасен, чем вся дорога

терий согласия Пирсона  $\chi^2$ , определяя величину расхождения  $Z_{p_2-p_1}$  по формуле

$$Z_{p_2-p_1} = (p_2 - p_1) / \sqrt{\frac{p_1(1-p_1)}{N_1} + \frac{p_2(1-p_2)}{N_2}}. \quad (6.1)$$

В табл. 6.1 приведены критерии опасности отдельных участков дороги при обычно принимаемых для таких сравнений уровнях значимости — допустимой ошибке оценки 0,05, гарантирующей точность оценки 95%.

Если, например, на дороге протяженностью 40 км случилось за какой-то период 86 происшествий, причем наименьшее расстояние между местами происшествий составило 35 м, а на одном из участков длиной 250 м сосредоточилось три происшествия, возникает вопрос, не является ли этот участок более опасным. Средняя вероятность происшествий на дороге  $p_1 = 86 \cdot 35 / (40 \cdot 1000) = 0,075$ , а на проверяемом участке  $p_2 = 3 \cdot 35 / 250 = 0,42$ . Подстановка этих значений в уравнение (6.1) дает  $Z = 1,90 > 1,65$ , т. е. участок может быть отнесен к категории опасных мест.

На основании анализа статистики происшествий на дорогах с различным количеством происшествий Научно-исследовательский институт безопасности дорожного движения установил предельные значения допустимых количеств происшествий на участках дорог различной длины (табл. 6.2).

Таблица 6.2

Среднее число происшествий на 1 км дороги за 3 года	Минимальное количество происшествий для отнесения участка к категории опасных при длине участка, км			Среднее число происшествий на 1 км дороги за 3 года	Минимальное количество происшествий для отнесения участка к категории опасных при длине участка, км		
	до 2	0,2—0,5	0,5—1		до 2	0,2—0,5	0,5—1
< 1	—	2	3	8—10	5	7	12
1—2	2	3	4	11—13	6	9	17
3—4	3	5	6	14—16	7	10	22
5—7	4	6	8				

Несмотря на математическую строгость, методы, основанные на математической статистике, имеют следующие недостатки:

они не применимы для оценки проектов вновь строящихся дорог; анализ безопасности движения исходит из среднего количества дорожно-транспортных происшествий, т. е. к разряду опасных участков относятся только те, которые выделяются по показателям числа происшествий над средним уровнем аварийности. Однако при использовании данных для одного маршрута этот средний уровень, как бы принимаемый за допустимый, может определяться неудовлетворительными условиями на всей дороге. Следовательно, будут выделяться наихудшие участки из плохих;

распределение происшествий по участкам во времени происходит неравномерно. Часто на очень опасных участках дороги в течение ряда лет не возникает происшествий, которые случаются на явно менее опасных. Поэтому для надежности оценки опасности участков на эксплуатируемых дорогах нужно располагать результатами наблюдений за длительный период времени, как считают, не меньший трех лет;

выделяя с той или иной степенью надежности особенно опасные участки, метод не дает возможности оценить эффективность намечаемых мероприятий по повышению безопасности движения.

Неоднократно предлагали использовать для определения вероятного числа происшествий на различных участках дорог метод многофакторного корреляционного анализа. Для этого по данным о дорожных условиях в местах сосредоточения дорожно-транспортных происшествий составляли систему уравнений, охватывавших все факторы, влияющие, по мнению исследователей, на возникновение происшествий, вида

$$n_i = a_{1i} + a_{2i}R_i + a_{3i}i_{\text{пр}} + \dots$$

где  $a_i$  — искомые коэффициенты влияния различных факторов;  $n_i$  — количество происшествий,  $R_i$ ,  $i_{\text{пр}}$  — характеристики дорожных условий и режимов движения на месте происшествий.

Решение системы таких уравнений относительно коэффициентов  $a_1 — a_n$  приводит к искомому уравнению прогнозирования происшествий

$$n = a_1 + a_2R + a_3i + \dots$$

При этом обычно для упрощения используют линейную, а не криволинейную корреляцию.

В принципе, при накоплении обширного банка данных и четкого выявления влияющих факторов результаты корреляционного анализа могут давать ориентировочные прогнозы числа происшествий для дорог, расположенных в аналогичных условиях рельефа и

климата и при близких интенсивностях движения. Но нельзя ожидать правильного прогнозирования происшествий на горной дороге, используя корреляционную зависимость, полученную по статистическим данным для дорог в равнинной местности.

В обрабатываемых статистических данных о дорожно-транспортных происшествиях должна быть обеспечена достаточная представительность и надежность данных, характеризующих влияние каждого из учитываемых факторов, а сами факторы должны выбираться на основе весьма продуманных соображений, основанных на глубоком понимании механизма возникновения происшествий.

В настоящее время на практике используют инженерные методы, позволяющие достаточно просто выявлять в проектах дорог опасные участки, нуждающиеся в улучшении. Такими являются описываемые далее методы коэффициентов аварийности и коэффициентов безопасности.

## **6.2. Оценка условий движения по линейным графикам коэффициентов аварийности**

Установленные в предыдущих параграфах при анализе отдельных характеристик плана и профиля дороги коэффициенты их относительного влияния на количество дорожно-транспортных происшествий (частные коэффициенты аварийности) могут быть использованы для быстрого решения задач, связанных с повышением безопасности движения по дорогам:

выявления на проектируемых или подлежащих реконструкции дорогах участков, на которых сочетанием элементов плана, профиля или придорожной ситуацией создаются условия для повышенной опасности возникновения дорожно-транспортных происшествий; сравнительной оценки параллельных дорог и их отдельных участков в отношении безопасности движения;

оценки сравнительной эффективности мероприятий по устранению повышенной опасности движения на отдельных участках; определения предельно допустимой интенсивности движения, не связанной с повышенной опасностью дорожно-транспортных происшествий.

Поскольку каждый частный коэффициент аварийности характеризует относительную вероятность возникновения на рассматриваемом участке происшествий из-за влияния ухудшения дорожных условий по одной, не зависящей от других влияющих факторов причине, их совместное влияние можно оценить в соответствии с положением теории вероятностей о вероятности события под действием нескольких независимых друг от друга факторов произведением частных коэффициентов — обобщенным (итоговым) коэффициентом аварийности:

$$K_{\text{авар}} = K_1 K_2 K_3 \dots K_n.$$

Входящие в эту формулу частные коэффициенты от  $k_1$  до  $k_n$  учитывают влияние интенсивности движения и элементов плана и профиля дороги. Их значения были определены по отечественным и зарубежным статистическим данным (см. гл. 4).

Установленный в настоящее время перечень коэффициентов не является исчерпывающим, а их значения окончательными. По мере дальнейшего накопления статистических данных, особенно по отечественным материалам, перечень влияющих факторов и значения коэффициентов должны уточняться. Это уточнение должно идти по двум направлениям:

уточнение коэффициентов для разных природно-географических районов;

установление коэффициентов, учитывающих неравномерность изменения транспортно-эксплуатационных характеристик по длине дороги при неблагоприятных погодных условиях — гололедице, тумане, в период осенней распутицы и т. п.

Поскольку не все из перечисленных выше факторов в равной степени влияют на безопасность движения, в процессе дальнейших исследований необходимо установить относительный вес каждого из коэффициентов и их взаимозависимость.

Значения коэффициентов  $k_1—k_9$  были установлены в § 4. Ниже приведены их значения для построения графика обобщенного коэффициента:

Интенсивность движения, тыс. авт/сут	3	5	7	9	11	13	15	20
$k_1$ (двухполосные дороги)	0,75	1,0	1,30	1,70	1,80	1,5	1,0	0,6
$k_1$ (трехполосные дороги)	0,65	0,75	0,9	0,96	1,25	1,5	1,3	1,0
Интенсивность движения, тыс. авт/сут	10	15	18	20	25	28	30	
$k_1$ (четырёхполосные дороги)	1,0	1,1	1,3	1,7	2,2	2,8	3,4	
Ширина проезжей части, м	6	7	7,5	9	10,5	14		
$k_2$ (при укрепленных обочинах)	1,35	1,05	1,0	0,8	0,7	0,6		
$k_2$ (при неукрепленных обочинах)	2,5	1,75	1,5	1,0	0,9	0,8		
Ширина обочины, м	0,5	1,5	2,0	3,0	4,0			
$k_3$ (двухполосные дороги)	2,2	1,4	1,2	1,0	0,8			
$k_3$ (трехполосные дороги)	1,35	0,7	0,65	0,50	0,35			
Продольный уклон, ‰	20	30	50	70	80			
$k_4$	1,0	1,25	2,5	2,8	3,0			
Радиус кривых в плане, м	100	150	200—300	400—600	1000—2000	> 2000		
$k_5$	5,4	4,0	2,25	1,6	1,25	1,0		

		133						
Видимость, м . . . . .	50	100	150	200	250	350	400	500
в плане $K_6$ . . . . .	3,6	3,0	2,7	2,25	2,0	1,45	1,2	1,0
» профиле $K_7$ . . . . .	5,0	4,0	3,4	2,5	2,4	2,0	1,4	1,0
Ширина проезжей части мостов по отношению к проезжей части дорог . . . . .	меньше на 1 м	равна	шире на 1 м	шире на 2 м	равна	ширине земляного полотна		
$K_7$ . . . . .	6,0	3,0	2,0	1,5	1,0			
Длина прямых участков, км . . . . .	3	5	10	15	20	25		
$K_8$ . . . . .	1,0	1,1	1,4	1,6	1,9	2,0		
Тип пересечения с пересекающейся дорогой . . . . .	в разных уровнях	кольцевое	в одном уровне при интенсивности на пересекаемой дороге, % от суммарной на двух дорогах					
			до 10	10—20	>20			
$K_9$ . . . . .	0,35	0,70	1,5			3,0	4,0	
Пересечения в одном уровне с второстепенными дорогами при интенсивности движения по основной дороге, авт/сут . . . . .	1600—3500	3500—5000	$\geq 5000$					
$K_{10}$ . . . . .	2	3	4					
Видимость пересечения в одном уровне с примыкающей дороги, м . . . . .	60	60—40	40—30	30—20		20		
$K_{11}$ . . . . .	1,0	1,1	1,65	2,5		5,0		
Число основных полос движения на проезжей части . . . . .	2	3	3	4	4	4		
		без разметки	с разметкой	без раздельной полосы	раздельной полосой	с раздельной полосой	с пересечениями в разных уровнях	
$K_{12}$ . . . . .	1,0	1,5	0,9	0,80	0,65	0,35		
Расстояния от застройки до проезжей части, м . . . . .	населенный пункт с одной стороны дороги	населенный пункт с пешеходные дорожки	населенный пункт, есть дорожки	населенный пункт с обеих сторон роги. Есть тротуары и полосы местного движения	пункт до тротуары и полосы местного движения	полосы движения и тротуары отсутствуют	местности отсутствуют	
	>50	50—20	50—20	20—10	10			
$K_{13}$ . . . . .	1,0	1,25	2,5	5,0	10			
Расстояния от застройки до проезжей части, м . . . . .	полосы для местного движения отсутствуют, есть тротуары		полосы местного движения отсутствуют					
	$> 10$		$< 10$					
$K_{13}$ . . . . .	7,5		10					

Длина населенного пункта, км . . . . .	0,5	1	2	3	5	6
√ K <sub>14</sub> . . . . .	1	1,2	1,7	2,2	2,7	3,0
Зоны участков на подходах к населенным пунктам, км . . . . .	до 0,1	0,1—0,2		0,2—0,4		
√ K <sub>15</sub> . . . . .	2,9	1,9		1,5		
Характеристика покрытий . . . . .	скользкое, покрытое грязью	скользкое		чистое, сухое	шероховатое	очень шероховатое
Коэффициент сцепления при скорости 60 км/ч . . . . .	0,2—0,3		0,4	0,6	0,7	0,75
K <sub>16</sub> . . . . .	2,5		2,0	1,3	1,0	0,75
Ширина разделительной полосы, м . . . . .	1	2	3	5	10	15
K <sub>17</sub> . . . . .	2,5	2,0	1,5	1	0,5	0,4
Расстояние от кромки проезжей части до обрыва глубиной более 5 м . . . . .	0,5	1,0	1,5	2	3	5
(без ограждений) √ K <sub>18</sub>	4,3	3,7	3,2	2,75	2,0	1,0
(с ограждениями) √ K <sub>19</sub>	2,2	2,0	1,85	1,75	1,4	1,0

Приведенный перечень частных коэффициентов аварийности не является исчерпывающим и окончательным. Учет местных условий и неизбежных изменений составов транспортных потоков будет вызывать необходимость уточнения и дополнения коэффициентов аварийности на основании обобщения данных региональной статистики дорожно-транспортных происшествий. А. П. Шевяков разработал систему коэффициентов для автомобильных магистралей, С. С. Близниченко — для дорожных условий предгорной местности. Частные коэффициенты были предложены В. В. Варлашкиным для учета крутизны горных склонов, влияющих на избираемые водителями режимы движения, А. Садырходжаевым — для аллеиных придорожных насаждений на обочинах и ирригационных каналов. А. Н. Нечаевым — для учета ровности дорожных одежд.

Для городских условий имеется аналогичная система коэффициентов, приведенная в Указаниях по обеспечению безопасности движения на автомобильных дорогах (ВСН 25-86).

Итоговый относительный коэффициент аварийности определяют на основе линейного графика исследуемого участка дороги. На график наносят сжатый план и профиль дороги с выявлением на них всех элементов, влияющих на безопасность движения (продольные уклоны, вертикальные кривые, кривые в плане, мосты, населенные пункты, пересекающие дороги и пешеходные тропы). В специальной графе выписывают или изображают графически фактические расстояния видимости. Масштаб плана и профиля выбирают в зависимости от сложности ситуации (рис. 6.4).

На графике фиксируют по отдельным перегонам среднюю интенсивность движения по данным учетов, проводимых дорожными организациями или специальной изыскательской партией, выполняю-

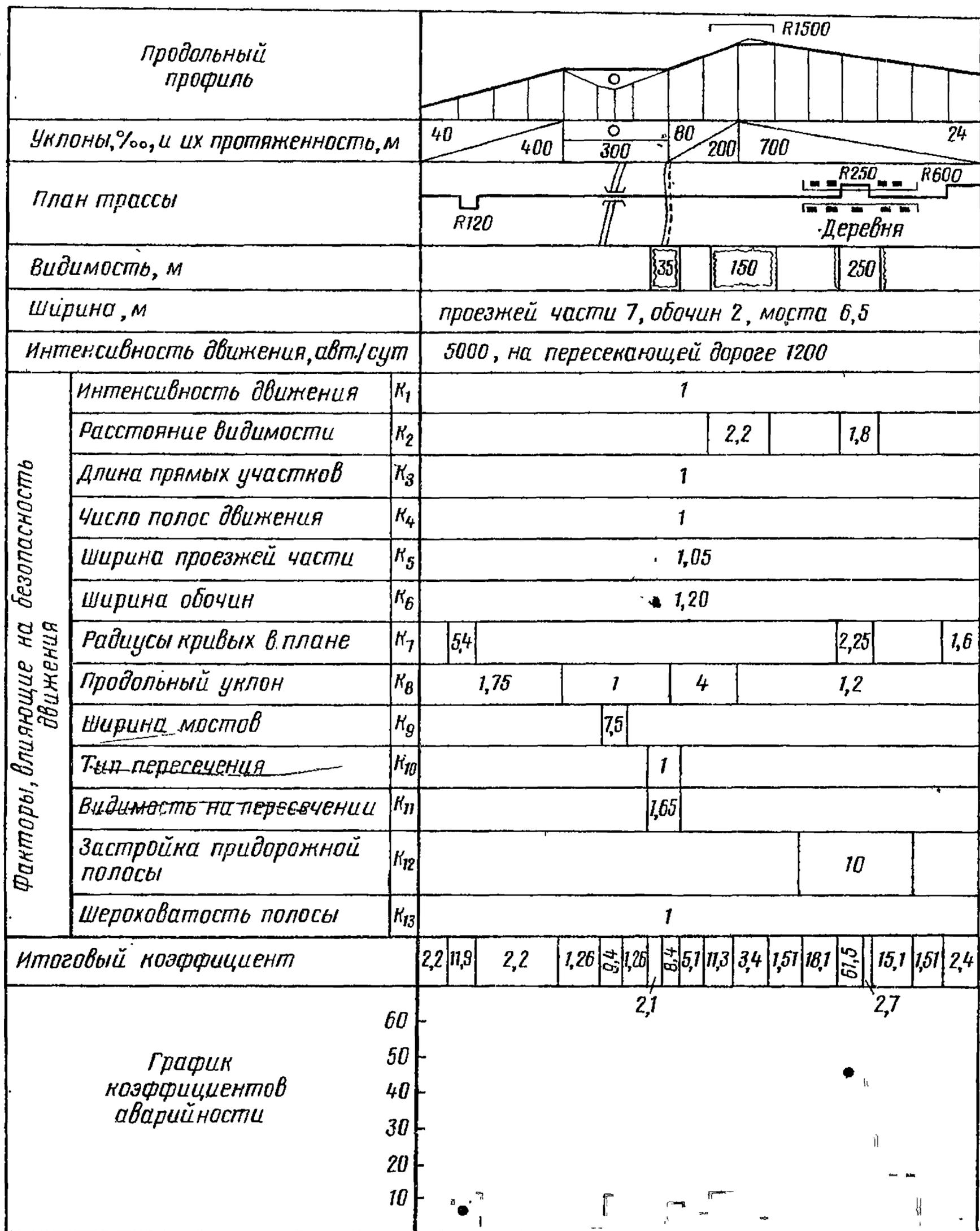


Рис. 6.4. График коэффициентов аварийности (точками отмечены места зарегистрированных происшествий)

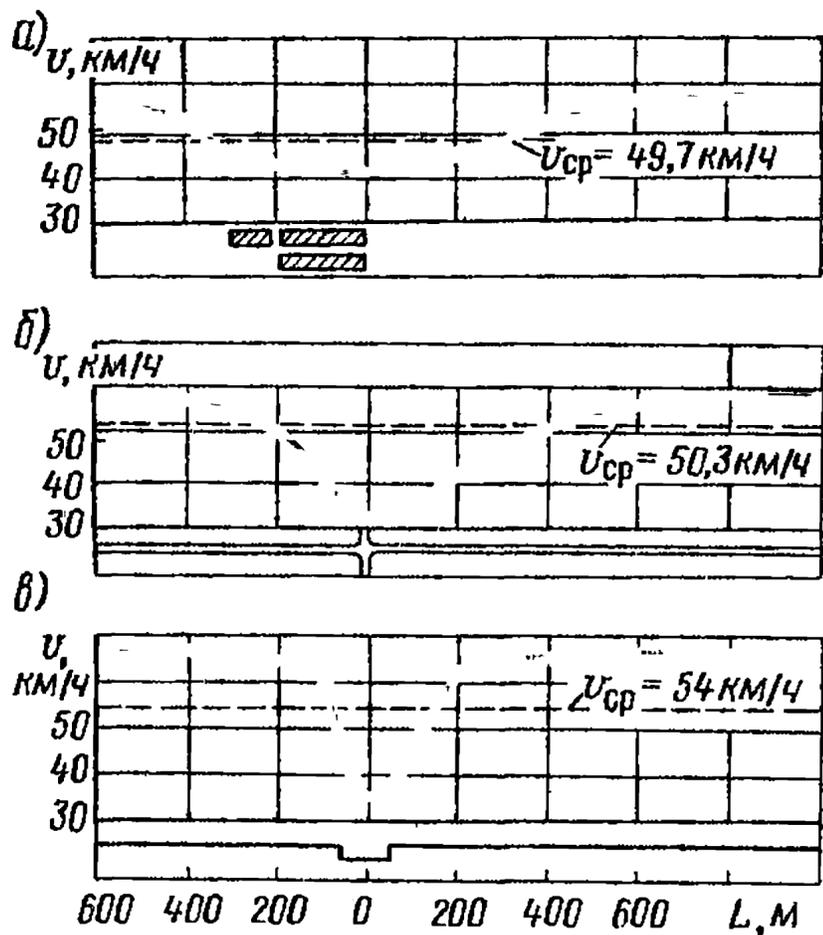


Рис. 6.5. Снижение скоростей движения потоков автомобилей:

а — при проезде населенного пункта; б — то же пересечения в одном уровне; в — на кривой малого радиуса

скоростью, что и рассматриваемые кривые, но имеющих уклон виража, равный уклону проезжей части на прямых участках:

$$R_{\text{экв}} = \frac{(\varphi_{\text{кр}} \pm i_{\text{кр}})}{\varphi_{\text{пр}} + i_{\text{кр}}},$$

где  $R$  — радиус, м;  $\varphi$  — коэффициент поперечной силы при расчетах на устойчивость, принимаемый в данном случае равным коэффициенту поперечного сцепления. Индекс «кр» относится к рассматриваемой кривой, а индекс «пр» — к характеристике проезжей части на примыкающем участке;  $i$  — поперечный уклон в десятичных дробях.

При построении графиков коэффициентов аварийности трассу дороги анализируют по каждому из показателей, выделяя на ней однородные по условиям участки. На основе границ этих участков определяют границы участков, однородных по всем показателям. При выделении участков следует учитывать, что влияние каждого из мест, где возникают те или иные помехи движению, распространяется на некоторое расстояние (рис. 6.5). Зоны влияния различных дорожных элементов принимают по табл. 6.3.

Для каждого из участков назначают коэффициент аварийности по таблице. Значения коэффициентов при ручном счете не интерполируют, а принимают ближайшие в таблице. При разработке программ для расчетов на ЭВМ можно пользоваться уравнениями полиномов, подобранными по значениям табличных коэффициентов.

щей обследования дороги. Особыми условными знаками обозначают места зарегистрированных за последние годы дорожно-транспортных происшествий. Под планом и профилем выделяют графы для каждого из учитываемых показателей, для которых были приведены относительные коэффициенты аварийности.

При определении коэффициентов, учитывающих влияние радиусов кривых в плане, необходимо принимать во внимание, что безопасность движения по кривым зависит от суммарного влияния значений радиуса, уклона поперечного профиля и коэффициента поперечного сцепления. Поэтому следует исходить из значений эквивалентных радиусов кривых, допускающих проезд с той же

скоростью, что и рассматриваемые кривые, но имеющих уклон виража, равный уклону проезжей части на прямых участках:

Элемент дороги	Зона влияния, м
Подъемы и спуски	100 за вершиной подъема, 150 после подошвы спуска
Пересечения в одном уровне	В каждую сторону по 50
Кривые в плане с обеспеченной видимостью при $R > 400$ м	То же 50
То же с необеспеченной видимостью при $R < 400$ м	» 100
Мосты и путепроводы	» 75
Населенные пункты	» 1000
Участки в местах влияния боковых препятствий с глубокими обрывами рядом с дорогой	50
Подходы к тоннелям	150

В нижней части графика коэффициентов аварийности помещают эпюру итоговых коэффициентов аварийности, пики на которой характеризуют участки, наиболее опасные в отношении возможности дорожно-транспортных происшествий. На эпюре итоговых коэффициентов существующих дорог следует указывать по данным ГАИ и дорожных организаций места дорожных происшествий.

Метод коэффициентов аварийности может быть широко использован:

- организациями дорожной службы
  - а) для проведения разметки проезжей части, запрещающей обгон с выездом на полосу встречного движения на участках с коэффициентом аварийности более 10—20;
  - б) для проведения разметки проезжей части, запрещающей обгон, и установления знаков ограничения скорости на участках с коэффициентом аварийности более 20—40;

проектными организациями для оценки обеспеченности безопасного движения при разработке проектов нового строительства или ремонта дорог. В проектах новых дорог следует разрабатывать новые варианты участков, в которых итоговый коэффициент аварийности превышает 15—20. В проектах ремонта дорог в условиях холмистого рельефа необходимо предусматривать перестройку участков дорог с итоговым коэффициентом аварийности более 25—40 в зависимости от местных условий. Участки с коэффициентом 50—70 следует считать очень опасными. На дорогах в горной местности с кривыми малых радиусов и большим числом участков с ограниченной видимостью повышенная внимательность водителей и меньшие скорости движения способствуют значительно меньшему числу происшествий на 1 млн авт-км, чем в более благоприятных дорожных условиях. График зависимости между числом дорожно-транспортных происшествий и итоговым коэффициентом аварий-

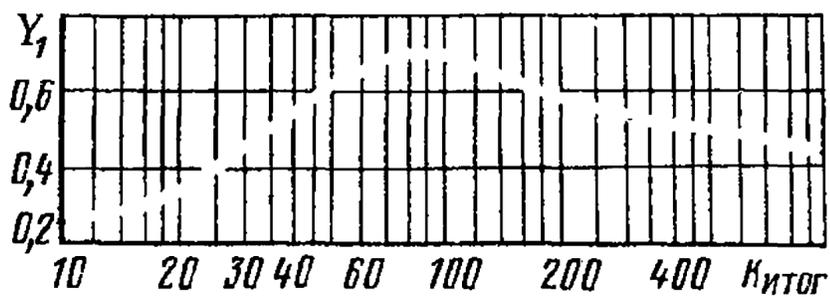


Рис. 6.6. Зависимость между числом дорожно-транспортных происшествий и итоговым коэффициентом аварийности

При увеличении итогового коэффициента аварийности скорость проезда сложных участков быстро снижается (рис. 6.7).

График коэффициентов аварийности может быть использован также для прогнозирования количества происшествий. По О. А. Дивочкину, для левой части графика в пределах от 20 до 80 (см. рис. 6.6) существует достаточно устойчивая связь между числом происшествий на 1 млн авт-км и значением итогового коэффициента аварийности  $K_{итог}$ :

$$Y = 34,5 - 0,27K_{итог} + 0,009K_{итог}^2.$$

В. И. Пуркин и Ю. М. Ситников установили аналогичную зависимость для участников дорог на подходах к мостам:

$$Y = 20,7 + 3,9K_{итог} + 0,02K_{итог}^2.$$

Метод коэффициентов аварийности получил распространение при проектировании реконструкции дорог не только в России, но и за рубежом и отражен в ряде зарубежных учебников для высших

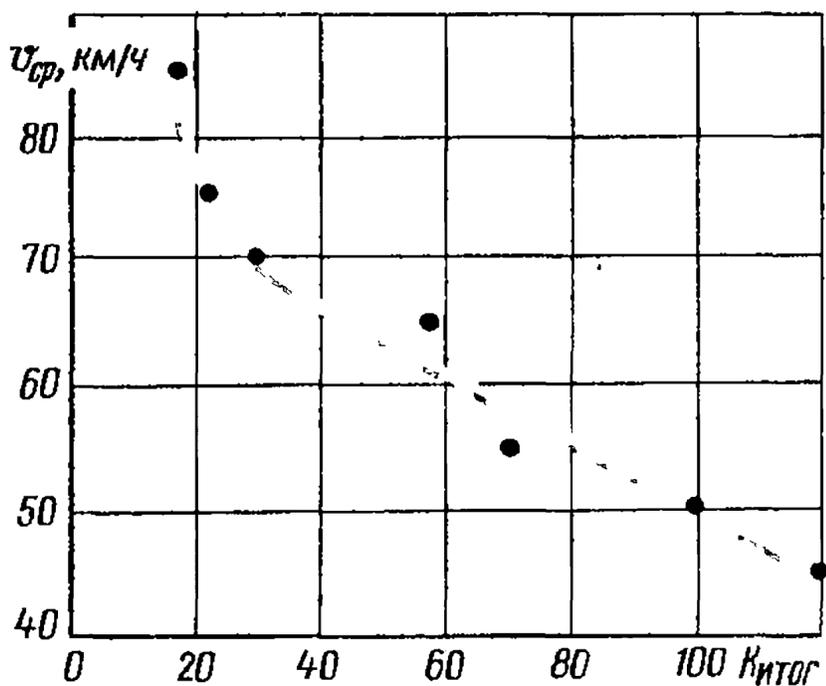


Рис. 6.7. Зависимость скорости проезда сложных участков дороги от значения итогового коэффициента аварийности

учебных заведений, например профессоров Э. Немешди (Венгрия), Ш. Хохола (ЧСФР) и Д. Сотирова (Болгария). Однако было бы ошибочным считать разработку метода окончательно завершённой. В зависимости от местных условий могут уточняться предельные допускаемые значения итоговых коэффициентов аварийности, нормирование которых по сути является технико-экономической задачей, учитывающей окупаемость затрат на улучшение дорожных условий снижением потерь от происшествий и расходов на автомобильные перевозки.

### 6.3. Оценка трассы методами коэффициентов безопасности и шума ускорений

Наиболее безопасной для движения является плавная трасса без резких переломов в плане и профиле, допускающая движение автомобилей с высокими скоростями, которые мало отличаются на смежных участках. Поэтому одним из способов оценки плавности трассы и различных вариантов проектных линий с точки зрения удобства и безопасности движения может явиться построение на основе эпюры скоростей движения, развиваемых автомобилями по дороге, графика коэффициентов безопасности, представляющего собой отношение скоростей движения на смежных участках.

За расчетный принимают один из наиболее распространенных легковых автомобилей, позволяющий развивать скорости, близкие к расчетным. В настоящее время таким автомобилем является автомобиль ГАЗ-24 «Волга». На дорогах специального назначения, например промышленных, выбор расчетного автомобиля должен быть обоснован исходя из учета типажа используемых грузовых автомобилей. Пока еще не получила широкого распространения методика построения скоростей движения по дороге с криволинейным планом и продольным профилем, учитывающая движение автомобиля с частичной степенью открытия дроссельной заслонки в зависимости от продольного уклона и особенностей восприятия водителем дорожных условий. Поэтому для построения графика скоростей используют упрощенные методы А. Е. Бельского, К. А. Хавкина и Н. Ф. Хорошилова, излагаемые в курсах «Изысканий и проектирования автомобильных дорог». При этом, учитывая цель анализа, в методику расчета скоростей вводят следующие изменения.

Для каждого участка дороги строят графики для обоих направлений движения. В случае резкого различия условий движения по дороге в разных направлениях, например на затяжных подъемах перевальных дорог в горной местности, график строят для того направления, в котором может быть развита наибольшая скорость.

На спусках скорость рассчитывают по динамическим характеристикам из условия движения автомобиля под уклон с работающим двигателем, развивающим тяговое усилие. Момент достижения предельно допустимой скорости рассматривают как место перепада скорости. Условно принимают, что в этом месте скорость должна быть снижена водителем до средней скорости транспортных потоков по дороге — 60 км/ч.

Возможно также использование и более точных методов определения скоростей движения на спусках.

При расчетах скоростей не принимают во внимание местные ограничения, накладываемые требованиями правил движения по дорогам (ограничения скорости в населенных пунктах, на переез-

дах железных дорог, на пересечениях других дорог, в кривых малых радиусов, в зонах действия дорожных знаков и др.). Этим как бы учитывается влияние возможной недисциплинированности или недостаточной опытности отдельных водителей.

Не учитывают участки притормаживания для главного изменения скорости при въездах на кривые малых радиусов, на узкие мосты. В конце каждого участка дороги определяют максимальную скорость, которая может быть развита на нем без учета условий движения на последующих участках.

Считают, что скорости движения возрастают до тех пор, пока не превысят значения, обеспечиваемого каким-либо элементом плана или профиля. При дальнейших расчетах полагают, что автомобиль входит на следующий участок со скоростью, обеспечиваемой данным элементом. Все эти изменения методики преследуют цель выявить наиболее неблагоприятный участок для безопасности движения автомобилей по дороге.

Возможную скорость движения на кривых в плане оценивают исходя из двух критериев:

предельного значения коэффициента поперечного сцепления, обеспечивающего устойчивость автомобиля против заноса при скользкой поверхности покрытия ( $\varphi=0,3$ ).

условий фактической видимости, определяемой расчетом, по формулам теории проектирования дорог. Учитывая возможность застройки придорожной полосы, разрастания растительности на обрезах, накопления снеговых валов в зимнее время на обрезах, стрелку видимости принимают до бровки земляного полотна.

В местах сужения проезжей части и на мостах с шириной проезжей части меньшей, чем на дороге, возможную скорость движения определяют по формулам, приводимым в курсе «Изыскания и проектирование дорог».

Коэффициенты безопасности определяют по графику скоростей для разных участков как отношения скоростей, обеспечиваемых элементами дороги, к скоростям, развиваемым автомобилями при въезде на этот участок. Чем значительнее разность скоростей и чем меньше коэффициент безопасности, тем более вероятны дорожно-транспортные происшествия на рассматриваемом участке (рис. 6.8).

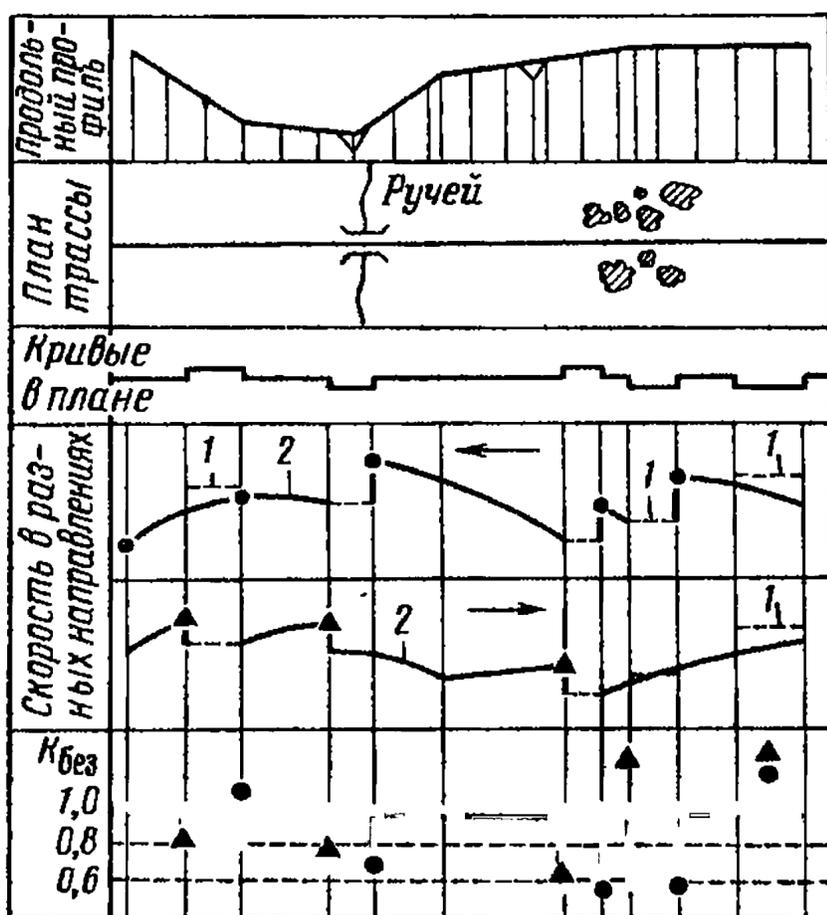


Рис. 6.8. Схема для определения коэффициентов безопасности:

1 — скорости, обеспечиваемые наиболее опасными участками дороги; 2 — скорости автомобиля на разных участках дороги

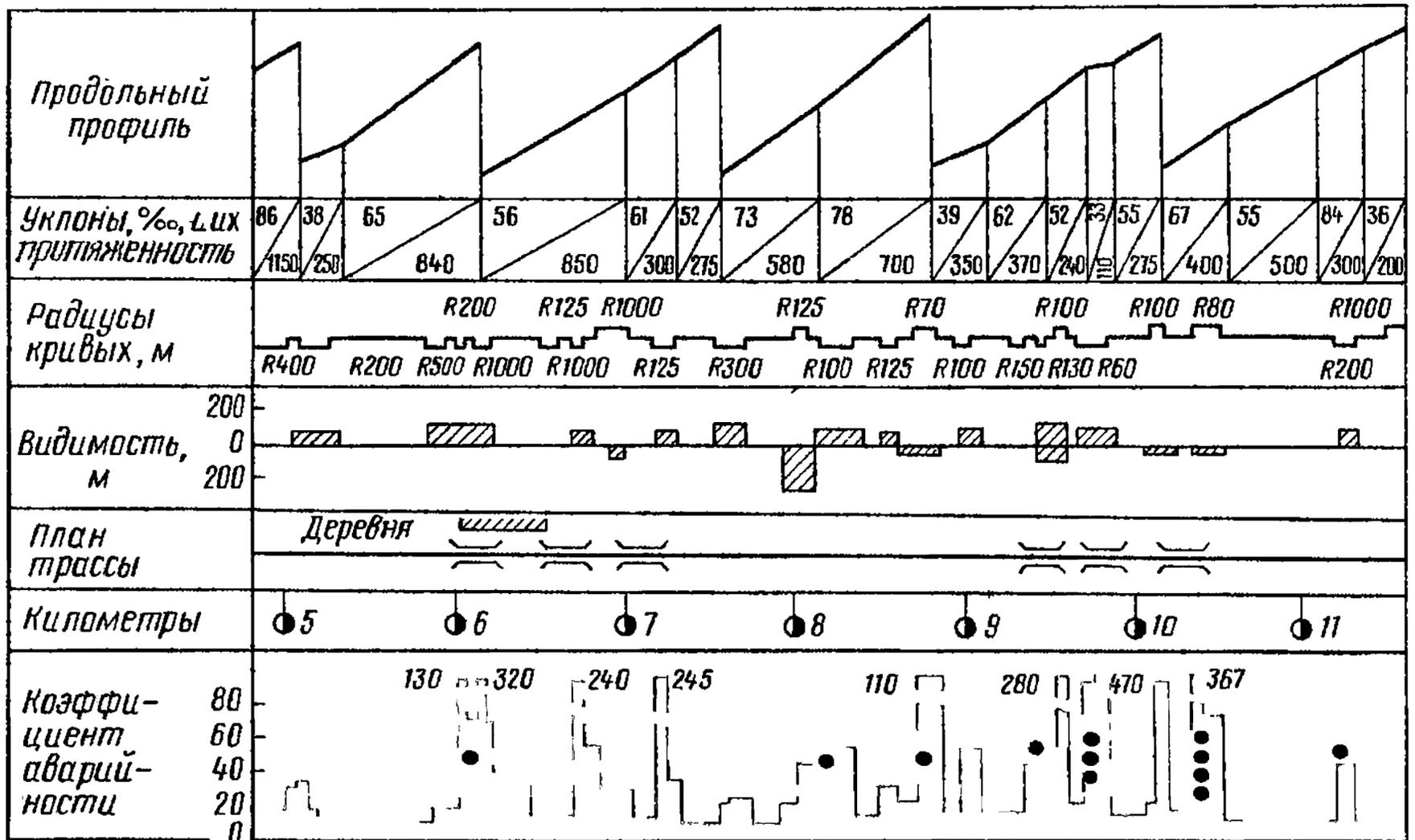


Рис. 6.9. Линейный график коэффициентов аварийности магистральной дороги в сильно холмистой местности (точками отмечены места дорожно-транспортных происшествий)

Для оценки опасности дорожно-транспортных происшествий по вычисленным скоростям движения используют коэффициенты безопасности:

Безопасные участки . . . . .	> 0,8
Малоопасные участки . . . . .	0,6—0,8
Опасные участки . . . . .	0,4—0,6
Очень опасные участки . . . . .	< 0,4

На рис. 6.9, 6.10 приведены графики коэффициентов аварийности и коэффициентов безопасности, построенные по данным обследования одного из участков горной дороги в курортной местности. На дороге имелось большое количество участков, на которых видимость в плане ограничена, причем в ряде мест она не превышает 60—80 м при расчетной величине 100 м. Видимость ограничивалась деревьями и кустарником, растущим вблизи дороги на внутренней стороне кривых, крутыми откосами выемок в кривых малых радиусов, застройкой с внутренней стороны кривых в пределах населенных пунктов, малыми радиусами вертикальных кривых.

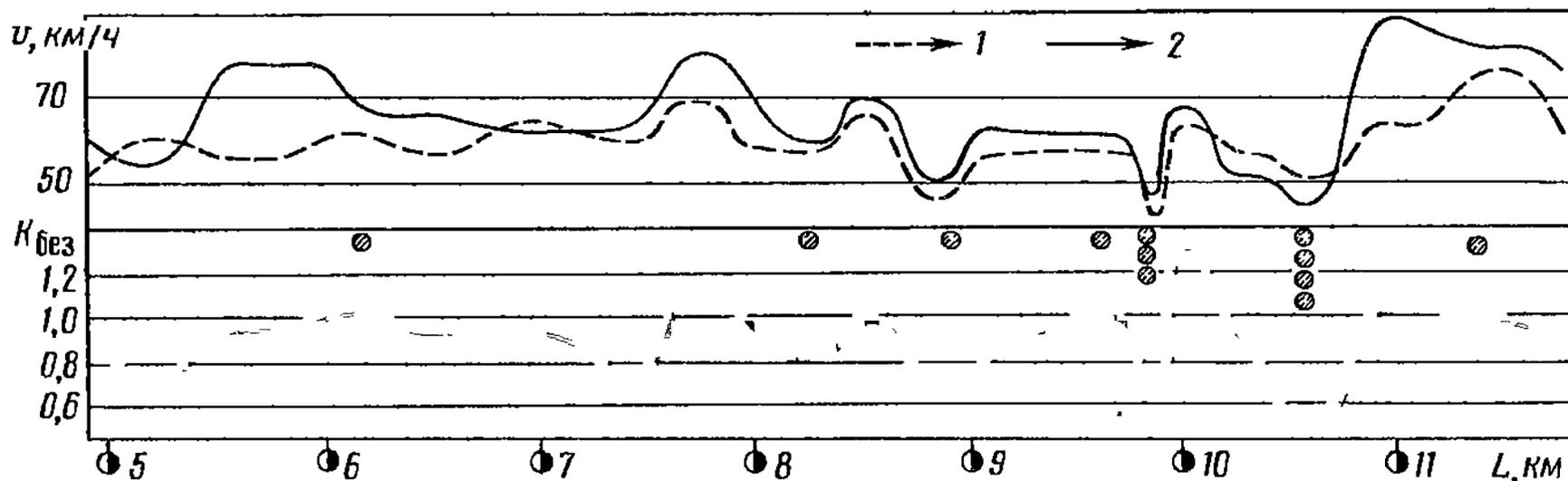


Рис. 6.10. График изменения скоростей движения и коэффициентов безопасности на смежных участках дороги:

1 — движение на подъем; 2 — движение на спуск (точками показаны места дорожно-транспортных происшествий)

Значительное влияние на аварийность и ограничение скорости движения оказывали имеющиеся на дороге мосты с узкой проезжей частью и трубы с массивными оголовками у края обочин, причем многие трубы были расположены на кривых.

В связи с трудными условиями проложения трассы в горной местности значения итоговых коэффициентов аварийности и коэффициентов безопасности имеют резкие колебания на сравнительно коротких участках.

В подавляющем большинстве случаев места зафиксированных дорожно-транспортных происшествий совпадают с пиками на одном и переломами кривой на другом графике, что подтверждает эффективность методов. Оценки трассы дороги коэффициентами аварийности и безопасности дороги должны рассматриваться не как конкурирующие, а как взаимно дополняющие друг друга методы, поскольку каждый из них в отдельности не учитывает в полной мере всех факторов, с которыми связана вероятность возникновения дорожно-транспортных происшествий.

Определение коэффициентов безопасности основывается исключительно на положениях теории автомобиля и не учитывает особенностей психологического восприятия водителями дорожных условий. Использование для построения графика данных наблюдений за скоростями движения трудоемко и невозможно для оценки проектных решений.

Коэффициенты аварийности установлены по средним статистическим данным и поэтому не полностью отражают особенности движения одиночных автомобилей с высокими скоростями в часы суток с малой интенсивностью движения. Они не учитывают влияние взаимного расположения участков дороги.

Дальнейшее совершенствование обоих методов должно идти по пути устранения указанных особенностей и впредь до их окончательного совершенствования целесообразно использовать оба метода параллельно, отыскивая при проектировании возможность устранения тех участков, для которых хотя бы один из методов дает неблагоприятную оценку условий безопасности движения. Разработка программ для ЭВМ устраняет трудоемкость этой работы.

Сложность маршрута	Коэффициент безопасности	Нервно-эмоциональная напряженность водителей	«Шум ускорения»
Легкий	0,8	Оптимальная	0,75
Сложный	0,6	Повышенная	1—1,2
Очень сложный	0,4	Перегруженная	1,4

На той же идее, что и коэффициент безопасности, основан метод оценки степени опасности отдельных участков дорог по «шуму ускорения».

Сложные участки дорог водители, неодинаково оценивая степень их опасности, проезжают с разными скоростями. Соответственно различны и реализуемые при этом в разных местах участка ускорения. В теории транспортных потоков высказывались предложения характеризовать степень неоднородности движения и интенсивность изменения скоростей на разных участках пути средней квадратичной величиной реализуемых водителями ускорений, сначала замедления при въезде на участок, затем разгона при выезде с него, называя этот показатель «шумом ускорения» ( $\text{м/с}^2$ ):

$$J = \sqrt{\frac{\sum_1^n (a_i - a_{\text{ср}})^2}{n}},$$

где  $a_i$  — ускорения в каждом створе;  $a_{\text{ср}}$  — среднее значение ускорений на всем рассматриваемом участке;  $n$  — число створов.

Для упрощения вместо суммирования скоростей всех автомобилей используют модальные значения кривой распределения скоростей в каждом створе.

Поскольку интенсивность торможения обычно бывает связана со степенью опасности происшествий (см. § 17), вносили предложения оценивать безопасность движения «шумом ускорения». Наблюдения показали наличие связи «шума ускорения» с количеством дорожно-транспортных происшествий на 1 млн авт-км  $Y$  (рис. 6.11), причем «шум ускорений» достаточно хорошо отражает сложность дорожных условий, а нервно-эмоциональная напряженность водителей возрастает прямо пропорционально увеличению «шума ускорения». На основании данных исследований, проведенных В. В. Чвановым и А. А. Алексеевым на долинных участках горных дорог, можно установить связь между нервно-эмоциональной напряженностью водителей, коэффициентами безопасности и «шумом ускорения» (табл. 6.4).

Метод «шума ускорений», исходящий из оценки изменения режима движения автомобилей на сложных участках дороги, основан на той же идее, что и методика коэффициента безопасности. Сложность использования его для практических целей связана с необходимостью измерения скоростей для построения графика изменения скорости при проезде участка дороги, что исключает возможность использования его при проектировании новых дорог. Теоретический расчет скоростей на ЭВМ по формулам теории автомобиля, используемый в методе коэффициентов безопасности, в данном случае невозможен, так как исходит из предпосылки постоянства ускорений при проезде отдельных элементов дорог.

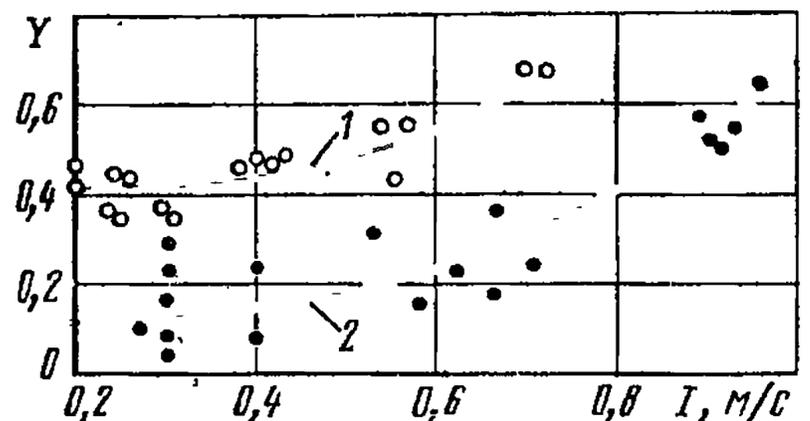


Рис. 6.11. Связь между шумом ускорения и относительной аварийностью: 1 — долинные горные дороги; 2 — перевальные участки дорог

## 6.4. Метод конфликтных ситуаций

В последние годы для выявления и оценки опасных мест на дорогах получает распространение метод конфликтных ситуаций. Он исходит из предпосылки, что случающемуся дорожно-транспортному происшествию всегда предшествуют неоднократно возникающие опасные ситуации, для предотвращения которых один или оба участника движения должны изменить режим движения автомобиля. Считается, что конфликтной является возникающая на дороге ситуация, при которой автомобили настолько сближаются, что, если их дальнейшее движение останется неизменным, риск столкновения резко возрастет. Опасность происшествия исключается водителями путем маневров или торможения (рис. 6.12). Поэтому фактическое количество происшествий значительно меньше числа конфликтных ситуаций, но между этими характеристиками существует достаточно устойчивая корреляционная связь.

Метод конфликтных ситуаций может быть использован как для исследования существующих дорог при разработке мероприятий по их реконструкции и в целях организации движения, так и при проектировании пересечений на новых дорогах.

В первом случае используют данные, собираемые путем наблюдений за режимами движения, во втором — прибегают к методу имитационного моделирования на ЭВМ. Наблюдения выполняют в часы пик при наибольшей интенсивности движения одним из следующих методов:

многократными проездами ходовой автомобильной лаборатории, включающейся в транспортный поток. Находящийся в ней наблюдатель фиксирует места, в которых водителю приходилось тормозить, измерять траекторию движения, совершать резкие маневры, чтобы предотвратить происшествие;

наблюдениями на стационарных постах, на сложных участках дорог, где наиболее вероятны происшествия, — пересечениях

Т а б л и ц а 6.5

Отрицательные ускорения, м/с	Скорость перед конфликтной ситуацией, км/ч	Ускорения, м/с <sup>2</sup> , при конфликтной ситуации		
		легкой $K_1$	средней $K_2$	критической $K_3$
Продольные	> 100	0,5—0,9	0,9—1,9	1,9
	80—100	0,5—1,9	1,9—2,6	2,6
	60—80	0,5—2,3	2,6—3,2	3,2
	< 60	0,5—2,9	3,2—2,7	2,7
Поперечные	> 100	0—0,3	0,3—0,7	0,7
	60—100	0,4—0,6	0,7—1,1	1,1
	< 60	0,8—1,2	1,2—1,5	1,5

в одном уровне, кривых малых радиусов, вершинах крутых подъемов, участках ограниченной видимости, а также в других местах, выявленных методом подвижного наблюдателя. Получаемые при наблюдениях разными наблюдателями результаты имеют расхождения в связи с неизбежной индивидуальностью оценки ситуаций.

Поэтому желательна работа на одном объекте нескольких наблюдателей.

Степень серьезности назревающей ситуации отражается на продольных и поперечных отрицательных ускорениях, реализуемых водителями при маневрах по предотвращению дорожно-транспортного происшествия.

Различают конфликтные ситуации трех видов:

легкие, когда возникновение опасности становится для водителя ясным на достаточно большом расстоянии от конфликтной точки и он имеет возможность своевременно оценить поведение других участников движения;

средние, характеризующиеся чаще всего неожиданным появлением опасности или возникающие при неправильной первоначальной оценке складывавшейся ситуации;

критические, при которых водитель может предотвратить происшествие лишь при максимально быстрой реакции на коротком участке дороги.

Отрицательные ускорения для разных видов ситуации приведены в табл. 6.5.

Опасность участка дороги оценивают по значению эквивалентной критической конфликтной ситуации, определяемой по формуле:

$$K_{\text{экв}} = 0,44K_1 + 0,83K_2 + K_3,$$

где  $K_1$  — количество легких конфликтных ситуаций на участке в 1 км в 1 ч;  $K_2$  — то же средних;  $K_3$  — то же критических за период наблюдений, равный 1 ч.

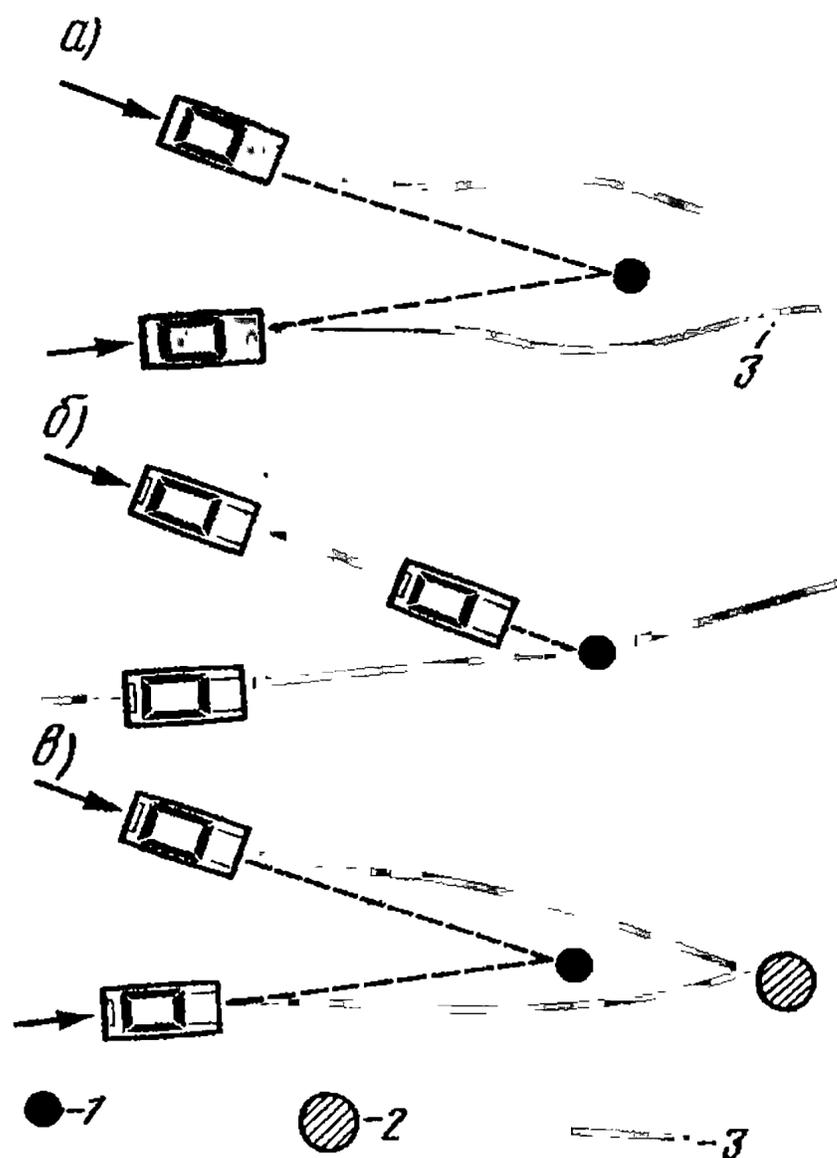


Рис. 6.12. Схемы возникновения конфликтных ситуаций:

а — конфликтная ситуация устранена путем маневров двух автомобилей; б — то же путем притормаживания или остановки одного из автомобилей; в — неудавшийся маневр предотвращения конфликтной ситуации;

1 — возможное место происшествия; 2 — место происшествия; 3 — траектория движения автомобиля

## Коэффициент относительной аварийности

$$Y = 0,1 + K_{\text{экв}}NL/10^6,$$

где  $N$  — интенсивность движения, авт/ч;  $L$  — длина участка дороги.

При наличии в ходовой автомобильной лаборатории акселерометра конфликтные ситуации определяют по отрицательным продольным и поперечным ускорениям (см. табл. 6.5).

Степень оценки серьезности конфликтных ситуаций наблюдателями зависит от вида угрожающего конфликта. Наблюдения А. И. Должикова показали, что опасность столкновения автомобилей и происшествий из-за дорожных условий фиксируется в большем числе случаев, чем эти виды происшествий занимают в статистике дорожно-транспортных происшествий. Наоборот, опасность наезда на пешеходов и препятствие на дороге наблюдателями недооценивается в 70% случаев. По степени опасности движения участки оцениваются исходя из следующих значений числа критических конфликтных ситуаций:

Число критических конфликтных ситуаций на 1 млн авт-км . . . . .	200	210—310	310—460	> 460
Характеристика участка	неопасный	малоопасный	опасный	очень опасный

В проектах новых дорог должны быть перепроектированы участки, на которых количество приведенных критических ситуаций превышает 210. При разработке проектов ремонта дорог следует перестраивать участки с числом конфликтных ситуаций более 300.

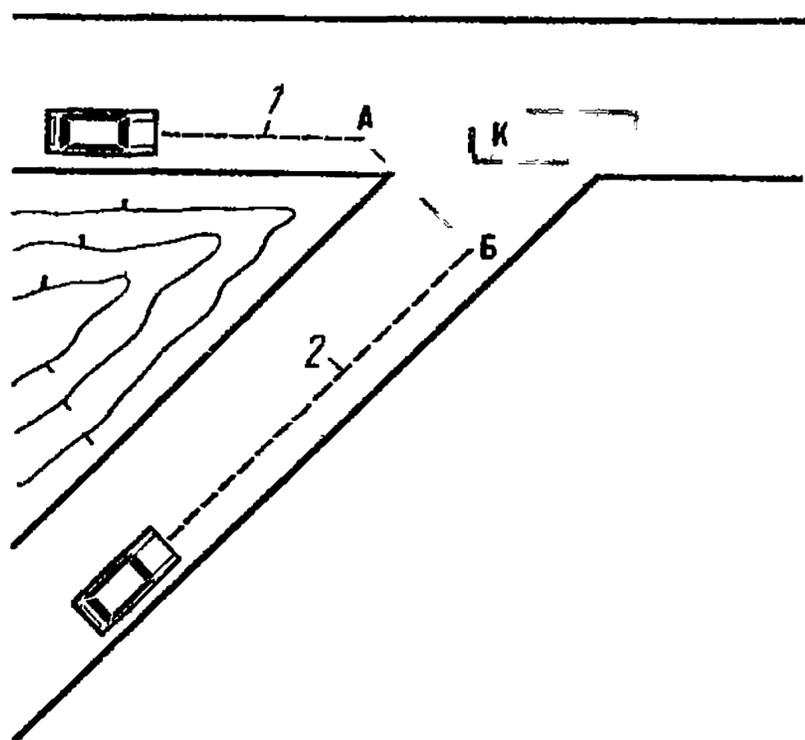


Рис. 6.13. Расчетная схема движения автомобилей на пересечении при моделировании конфликтных ситуаций:

1 и 2 — траектории движения автомобилей по главной и второстепенной дороге; А и В — положение водителей, когда они увидели другой автомобиль, приближающийся к пересечению; К — вероятное место столкновения

При проектировании пересечений и примыканий рассматривают движение двух транспортных потоков на основной и второстепенной дорогах. Под конфликтной ситуацией при моделировании понимают попадание автомобилей в зону, длина и ширина которой определяется расстоянием, проезжаемым водителем за период, равный времени реакции водителя (рис. 6.13). Исходными данными для моделирования являются геометрические параметры примыкания (угол примыкания, обеспечиваемая видимость), распределение скоростей движения и ускорений разных типов автомобилей в транспортных потоках, распределение времени реакции

водителей в конфликтных ситуациях, критическая интенсивность торможения в конфликтных ситуациях, процент автомобилей, выезжающих на основную дорогу с примыкающей, не снижая скорость. Скорости движения разных групп автомобилей на подходах к пересечению принимали по данным натурных наблюдений, допуская, что распределение скоростей каждой группы автомобилей подчиняется нормальному закону. Для получения распределений интервалов скоростей и появлений определенного типа автомобилей используют датчики случайных чисел. Моделированием охватывается период времени от 0,5 до 1,0 ч в зависимости от интенсивности движения.

При расчетах должны вводиться параметры, установленные путем наблюдений на аналогичных дорогах. Проведенные В. Г. Крбашяном сопоставления расчетов на ЭВМ с данными о дорожно-транспортных происшествиях на примыканиях к горным дорогам показали устойчивую зависимость между ними.

### **6.5. Оценка безопасности движения на пересечениях автомобильных дорог в одном уровне**

Безопасность движения на пересечениях дорог зависит от направления пересекающихся потоков движения, и относительной интенсивности, числа точек пересечений, разветвлений и слияний потоков, а также от расстояний между этими точками. На рис. 4.30 были показаны возможные направления движения транспортных потоков на пересечениях двух дорог в одном уровне и возникающие при этом точки опасности или точки конфликта. Более строго следует говорить о наличии на каждом пересечении опасных зон, образуемых пересечениями полос движения автомобилей, следующих в разных направлениях.

Ошибки водителей при проезде опасной зоны являются причинами дорожно-транспортных происшествий. Вероятность происшествий тем выше, чем больше автомобилей проходит через ту или иную конфликтную точку.

Опасность конфликтной точки можно оценить по возможному в ней количеству происшествий за год

$$q_i = K_i M_i N_i \frac{25}{k_r} 10^{-7},$$

где  $K_i$  — относительная аварийность конфликтной точки;  $M_i$  и  $N_i$  — интенсивности движения пересекающихся в ней потоков, авт/сут;  $k_r$  — коэффициент годовой неравномерности движения.

Коэффициент годовой неравномерности движения вводят в тех случаях, когда нужно оценить опасность движения по пересечению в периоды сезонных пиков интенсивности. Этот коэффициент

определяют по данным учета интенсивности движения как отношение среднесуточной интенсивности движения в каждом месяце к годовой среднесуточной интенсивности. Он меняется от 0,05 до 0,13. Коэффициент 25 введен в формулу для учета среднего количества рабочих дней в месяце, в течение которых загрузка дорог резко превышает загрузку в нерабочие дни.

Для вновь проектируемых дорог отношение  $25/k_r$  принимают равным 365.

Степень опасности существующего пересечения или каждого варианта его планировки характеризуют *показателем безопасности движения* — количеством дорожно-транспортных происше-

Т а б л и ц а 6.6

Условия движения	Направление движения автомобилей	Характеристика пересечения	Значения $K_i$ пересечений		
			необорудованных	канализированных	
Слияние потоков	Правый поворот	$R < 15$ м	0,025	0,0200	
		$R = 15$ м	0,0040	0,0020	
		$R = 15$ м*	0,0003	0,003	
	Левый поворот при угле пересечения дорог, град:	$10 < R < 25$ м	до 30	0,0045	0,0017
			< 40	0,0030	0,0017
			50—75	0,0025	0,0017
			90	0,0030	0,0017
Пересечение потоков	Пересечение	120	0,0048	0,0017	
		150	0,0053	0,0017	
		—	0,0005	0,0005	
		$10 < R < 25^{**}$	0,0080	0,0040	
		$\alpha \leq 30^\circ$	0,0036	0,0018	
Разделение потоков	Правый поворот	$50^\circ \leq \alpha \leq 75^\circ$	0,0120	0,0060	
		$90^\circ \leq \alpha \leq 120^\circ$	0,0210	0,0105	
		$120^\circ < \alpha \leq 150^\circ$	0,0200	0,0200	
	Левый поворот	$R < 15$ м	0,0060	0,0060	
		$R = 15$ м	0,0001	0,0001	
		$R = 15$ м*	0,0300	0,0300	
Два поворачивающих потока	Разделение потока на два направления	$10 < R < 25$ м	0,0040	0,0025	
		$R > 15$ м***	0,0010	0,0010	
		—	0,0015	0,0010	
Пересечение двух левоповоротных потоков	Пересечение двух левоповоротных потоков	—	0,0020	0,0005	
		—	0,0025	0,0012	
Слияние поворачивающих потоков	Слияние поворачивающих потоков	—	0,0025	0,0012	
		—	0,0025	0,0012	

\* Имеются переходно-скоростные полосы и переходные кривые.

\*\* Имеются переходные кривые.

\*\*\* Имеются переходно-скоростные полосы.

ствий на 10 млн. прошедших через пересечение автомобилей по формуле

$$K_a = \frac{10^7 G \sum_{i=1}^n K_i}{(M + N) 25},$$

где  $M + N$  — сумма интенсивностей движения на пересекающихся дорогах, авт/сут;  $G = \sum_{i=1}^n q_i$  — вероятное количество происшествий на пересечении за год;  $n$  — число конфликтных точек на пересечении.

Чем выше показатель безопасности движения  $K_a$ , тем менее удачно запроектировано пересечение и тем выше вероятность на нем дорожно-транспортных происшествий.

В зависимости от значения  $K_a$  пересечения по степени опасности делят на следующие категории:

Пересечения	исопасные	малоопасные	опасные	очень опасные
$K_a$	$\leq 3$	3,1—8	8,1—12	$\geq 12$

Значения  $K_i$  для различных маневров на пересечении приведены в табл. 6.6.

Считается, что на вновь проектируемых пересечениях степень опасности не должна превышать восьми.

## 6.6. Оценка безопасности движения на пересечениях в разных уровнях

Совершенное по схеме движения транспортных потоков правильно запроектированное пересечение в разных уровнях не имеет конфликтных точек, в которых могут происходить пересечения транспортных потоков. Имеются только участки разветвления и слияния потоков поворачивающих автомобилей у входа на переходо-скоростные полосы и у выходов из них.

На пересечениях неполного типа имеются пересечения потоков автомобилей и развороты на второстепенной дороге. Опасность этих развязок оценивают по той же методике, что и пересечения в одном уровне. Значения коэффициентов  $K_i$  для конфликтных точек пересечения и переплетения потоков принимают по табл. 6.6, а для точек слияния и разделения потоков на съездах развязок — по табл. 6.7.

На рис. 6.14 показаны конфликтные точки пересечения неполного типа.

Штриховые окружности показывают точки, для которых коэффициенты берут по табл. 6.7.

Не менее удобен другой метод оценки опасности дорожно-транспортных происшествий на пересечениях неполного типа, основанный на предпосылке, что вероятность дорожно-транспорт-

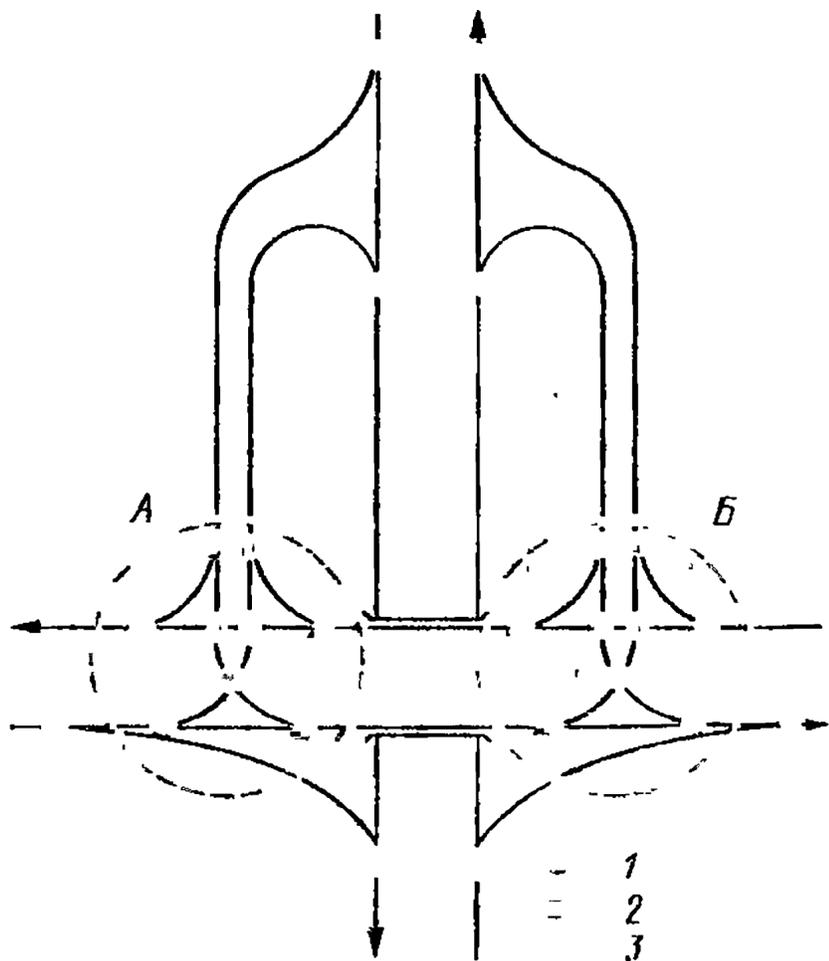


Рис. 6.14. Схема расположения конфликтных точек на пересечении типа «неполный клеверный лист»:

1 — точки пересечения потоков движения;  
2 — точки слияния потоков движения; 3 — точки разделения потоков движения

ных происшествий в каждой конфликтной точке пропорциональна суммарной интенсивности пересекающихся потоков.

В начале анализа вариантов пересечения для разных случаев расположения съездов или путей поворота, выделяемых островками, строят диаграмму направлений движения, в которой стрелками показывают направления, а их толщиной и цифрами около них — интенсивность движения. Количество точек, в которых перекрещиваются потоки движения, в известной степени характеризует транспортно-эксплуатационные свойства пересечений и безопасность движения.

На рис. 6.15 для примера сопоставлено несколько возможных вариантов пересечений неполного типа.

Таблица 6.7

Тип съезда	Вид взаимодействия потоков в конфликтной точке	Параметры съездов и характер движения	Относительное число ДТП на 10 млн автомобилей	
			Имеются переходно-скоростные полосы	Переходно-скоростные полосы отсутствуют
Левоповоротные съезды и правоповоротные	Слияние	$R < 50$ м	0,00065	0,00035
		$R > 50$ м	0,00030	0,00020
Правоповоротные и полупрямые левоповоротные съезды	Разделение	$R < 50$ м	0,0019	0,00010
		$R < 50$ м	0,00090	0,00070
		$R = 45-60$ м	0,00050	0,00030
	Слияние	$R > 60$ м	0,00035	0,00020
		$R = 45-60$ м	0,00025	0,00015
		$R > 60$ м	0,00020	0,00010
Полупрямые левоповоротные съезды	Разделение	Разделение двух поворачивающихся потоков в процессе движения по съезду	0,00020	0,00015
		То же слияние	0,00015	0,00010
Полупрямые левоповоротные съезды	Слияние	$R > 60$ м	0,00040	0,00020
		$R < 60$ м	0,00070	0,00040

Вероятность дорожно-транспортных происшествий и взаимных помех на каждом пересечении оценивают произведением или суммой интенсивностей пересекающихся потоков. Сравнительные подсчеты показали, что оба метода приводят к практически одинаковым результатам в отношении наилучшего типа пересечений.

Описанный метод расчета может быть усовершенствован для выбора из близких между собой вариантов наилучшего путем учета сливающихся, разветвляющихся и переплетающихся потоков движения. Для этого можно принять следующие относительные коэффициенты взаимодействия потоков, на которые умножают суммарную интенсивность:

Пересечения потоков под углом, близким к прямому . . . . .	1
Переплетение потоков при смене полосы движения . . . . .	0,30
Вливание в поток справа . . . . .	0,20
То же слева . . . . .	0,15
Разделение потоков при левом повороте . . . . .	0,85
То же при правом повороте . . . . .	0,10

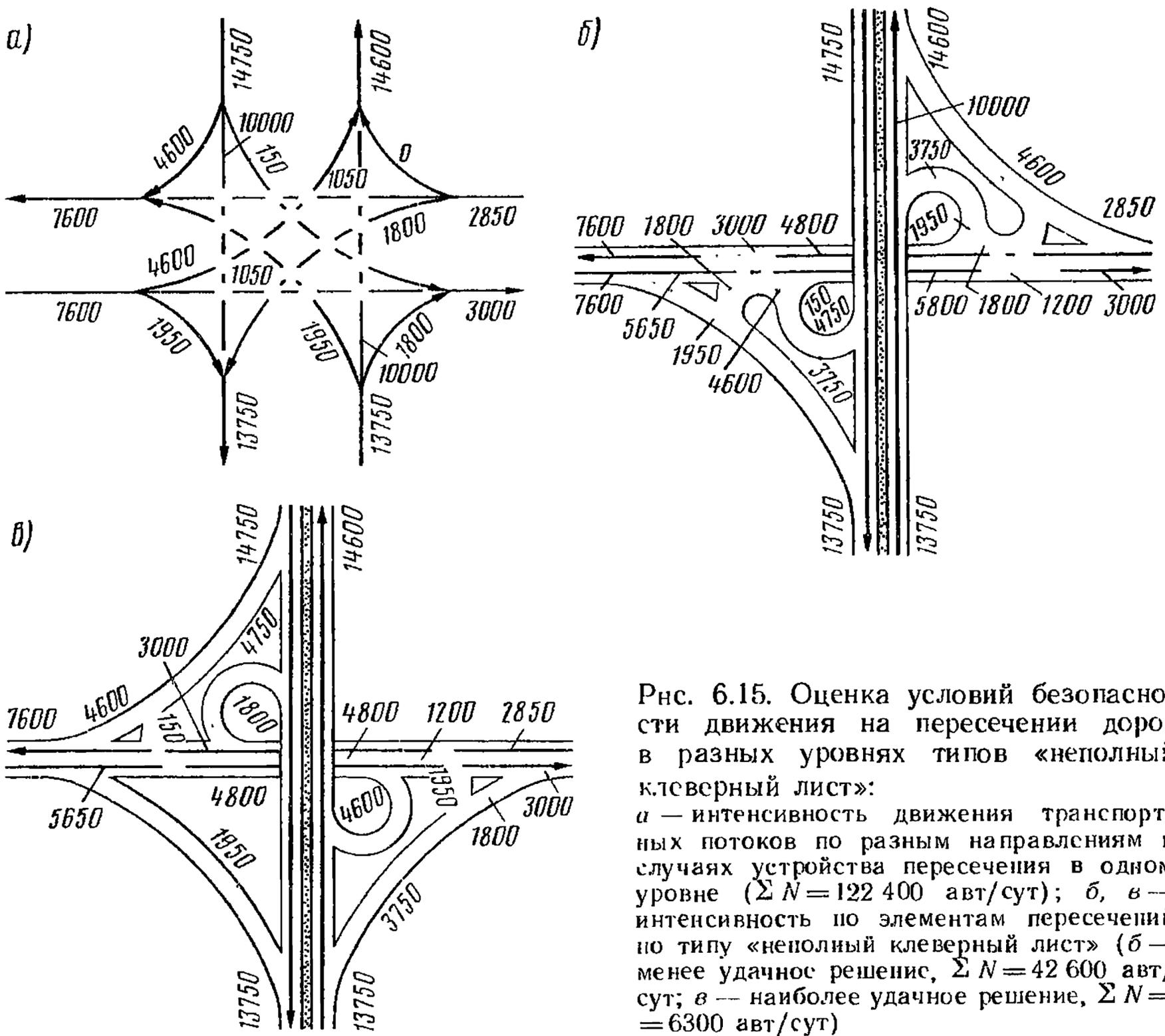


Рис. 6.15. Оценка условий безопасности движения на пересечении дорог в разных уровнях типов «неполный клеверный лист»:  
 а — интенсивность движения транспортных потоков по разным направлениям в случаях устройства пересечения в одном уровне ( $\Sigma N = 122\ 400$  авт/сут); б, в — интенсивность по элементам пересечений по типу «неполный клеверный лист» (б — менее удачное решение,  $\Sigma N = 42\ 600$  авт/сут; в — наиболее удачное решение,  $\Sigma N = 6300$  авт/сут)

### **Контрольные вопросы**

1. Какие существуют методы выявления опасных участков? Охарактеризуйте степень их надежности.
2. В чем заключается идея метода коэффициентов аварийности?
3. Как использовать график коэффициентов аварийности для выявления опасных участков?
4. В чем заключается различие методов коэффициентов аварийности и безопасности?
5. Как используют методику конфликтных ситуаций при проектировании и реконструкции дорог?
6. Как оценить обеспеченность безопасности движения на пересечениях дорог в одном и разных уровнях?

# ОБСЛЕДОВАНИЕ ДОРОГ ДЛЯ ОЦЕНКИ БЕЗОПАСНОСТИ ДВИЖЕНИЯ

### 7.1. Задачи обследования дорог

Обследования дорог являются первым полевым этапом разработки мероприятий по повышению безопасности движения и совершенствованию транспортно-эксплуатационных качеств дороги. В их процессе должны быть получены все данные, необходимые для разработки проектов устранения опасных мест, реконструкции дорог или организации движения. Для этого необходимо хорошее понимание режимов движения по дороге, причин возникновения помех для движения и сосредоточения в отдельных местах дорожно-транспортных происшествий. Для обоснованной перестройки дороги недостаточно знать только места и количество происшествий. Экономичные и действенные методы повышения безопасности движения и перестройки опасных участков могут быть рекомендованы в результате детальных «генетических» анализов особенностей восприятия водителями дорожных условий и обстановки движения и причин совершаемых ими ошибок. Намеченные при обследованиях в полевых условиях в общих чертах мероприятия впоследствии детально прорабатывают. Технологическая последовательность обследования дорог и разработки мероприятий по повышению безопасности движения показана на рис. 7.1.

Дорожно-эксплуатационные организации не располагают полнотой сведений о планировке опасных участков, размерах их геометрических элементов и состоянии проезжей части. Для недавно построенных дорог в архивах проектных организаций сохраняются экземпляры проектов, которые содержат продольный профиль, план трассы и данные об искусственных сооружениях. Однако часто на стадии строительства в процессе разбивки трассы группы рабочего проектирования вносят изменения в первоначальный проект или строители нарушают его для снижения объемов работ, уменьшая радиусы вертикальных кривых или заменяя при разбивке кривые в плане большого радиуса несколькими кривыми малого радиуса, соединенными прямыми отрезками. Поэтому в большинстве случаев может потребоваться проверка размера геометрических элементов трассы.

Для старых дорог такие подробные материалы могут отсутствовать. В дорожно-эксплуатационных организациях имеются технические паспорта, в состав которых входит линейный график

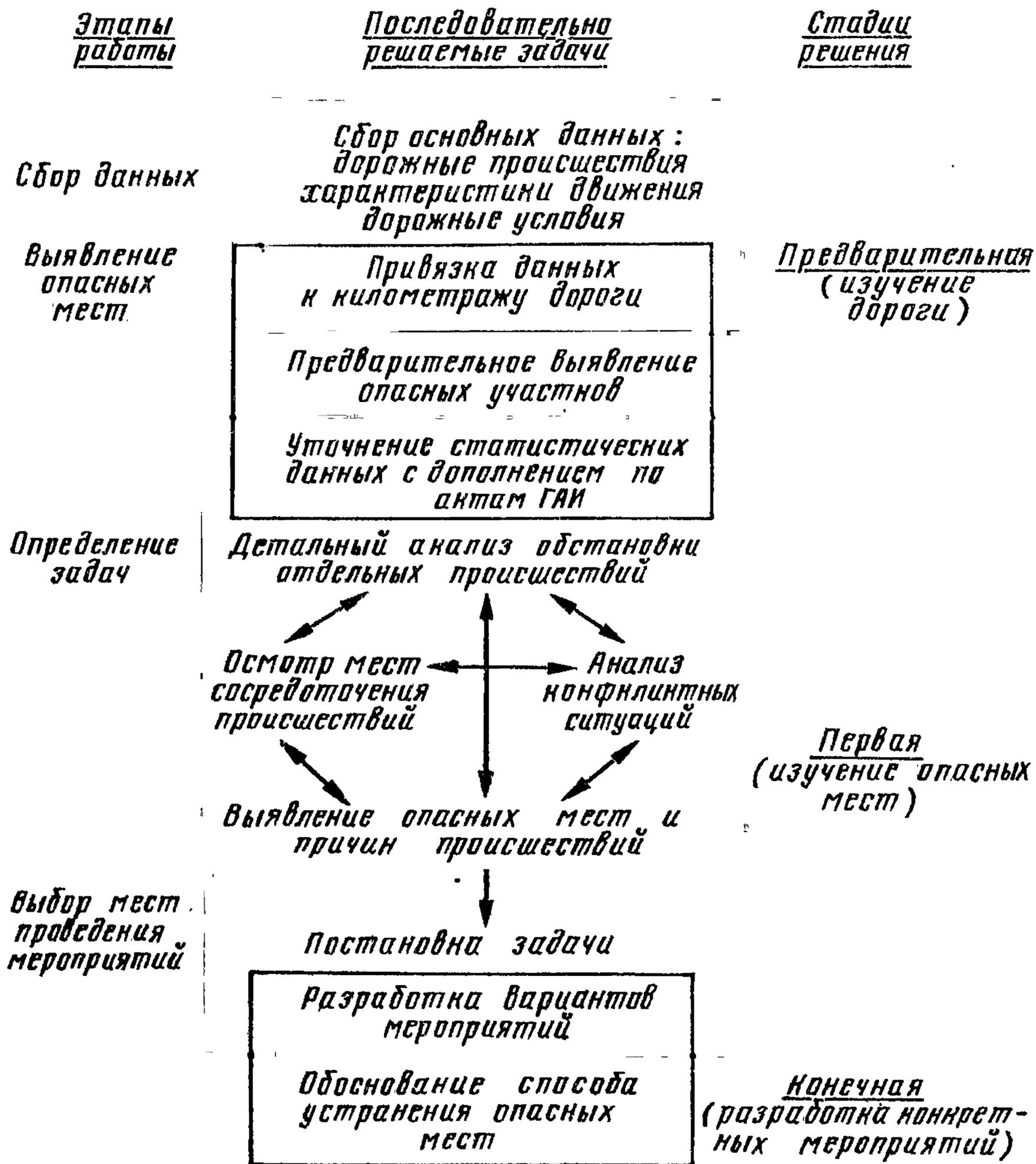


Рис. 7.1. Технологическая последовательность работы по обследованию дорог и разработке мероприятий по повышению безопасности движения и улучшению транспортно-эксплуатационных качеств дорог

дороги в масштабе 1:20 000. Давая комплексную характеристику дороги, линейные графики содержат неполные данные о ее геометрических элементах, ограничиваясь сведениями о продольных уклонах, превышающих предельные, и о радиусах кривых в плане меньших, чем допустимые для данной категории дорог. Эти сведения недостаточны для разработки мероприятий по обеспечению

безопасности движения. В частности, в линейных графиках отсутствуют данные об обеспечиваемой дорогой видимости, которая является одной из важнейших характеристик дороги, определяющей развиваемые на ней скорости движения.

Ценные данные о степени безопасности движения по дороге могут быть получены в дорожно-эксплуатационных организациях, которые обязаны учитывать дорожно-транспортные происшествия на обслуживаемых маршрутах. В уточнении мест наиболее тяжелых происшествий помощь могут оказать старейшие линейные работники.

Круг обследований, необходимых для разработки мероприятий по повышению безопасности движения, несколько отличается от обследований, проводимых для оценки транспортно-эксплуатационных характеристик автомобильных дорог. Более точно определяют геометрические элементы трассы, а в отношении дорожных одежд особенно детально учитывают ровность и коэффициент сцепления дорожных покрытий.

Комплекс оценки характеристики безопасности движения по дороге включает в себя определение элементов трассы и видимости, оценку планировки пересечений, измерения ровности и коэффициентов сцепления покрытий, измерение скоростей движения, определение интенсивности движения.

Обследование дорог, связанное с выходом исполнителей на проезжую часть, относится к категории особенно опасных работ. Участники работ должны быть детально проинструктированы о мерах безопасности. Место производства работ должно быть обозначено знаком «Дорожные работы», ограждено в соответствии с требованиями инструкции, на участниках надеты оранжевые жилеты или куртки. Должен быть поставлен наблюдатель, предупреждающий о приближении автомобилей.

## **7.2. Определение геометрических элементов дороги**

Наиболее современным методом определения геометрических элементов трассы, обеспечивающим точность, достаточную для разработки мероприятий по повышению безопасности движения, является использование передвижных автомобильных лабораторий. Установленные на них приборы с гироскопическими датчиками достаточно точно фиксируют траекторию перемещения центра тяжести автомобиля в пространстве.

Ходовая автомобильная лаборатория дает возможность зарегистрировать основные геометрические элементы автомобильной дороги — протяженность прямых и криволинейных участков, углы поворота, радиусы кривых в плане и продольном профиле, продольный уклон дороги на отдельных участках, поперечный уклон дорожного покрытия. Измерения проводят челночным способом

в прямом и для контроля в обратном направлениях участками по 10—20 км со скоростью 20—30 км/ч.

Протяженность обследуемого участка дороги устанавливают при помощи специального мерного колеса или тахометра, смонтированного на ведущем колесе автомобиля-лаборатории. При каждом повороте колеса бесконтактного тахогенератора переменного тока подается сигнал на импульсный счетчик, магнитную ленту или ленту осциллографа.

Каждый сигнал соответствует пройденному расстоянию  $2\pi R_k$ , где  $R_k$  — радиус качения. Предварительно учитывая неизбежные пробуксовывания колеса при качении, определяют коэффициент пробуксовывания или проскальзывания, сопоставляя длину, измеренную по записям показаний тахометра, с заранее измеренной длиной участка. Обычно коэффициент пробуксовывания составляет 0,98—1,02. Привязку записей к километражу и отметку момента проезда характерных участков наблюдатель осуществляет нажатием кнопки, отмечая особенности записью в журнале.

Углы поворота трассы в горизонтальной и вертикальной плоскостях измеряют гироскопическими приборами, направление осей которых при движении автомобиля-лаборатории остается постоянным, фиксированным параллельно направлению первоначальной установки (рис. 7.2).

Угол поворота трассы  $\alpha$  на пройденном автомобилем пути определяют по формуле  $R = \frac{57,3S}{\alpha}$ , где  $S$  — длина участка пути, м;  $\alpha$  — угол поворота, рад, соответственно в горизонтальной или вертикальной плоскости.

При неровных, с выбоинами и волнами, дорожных покрытиях измерения проводят на малых скоростях, чтобы колебания автомобиля не искажали показания приборов.

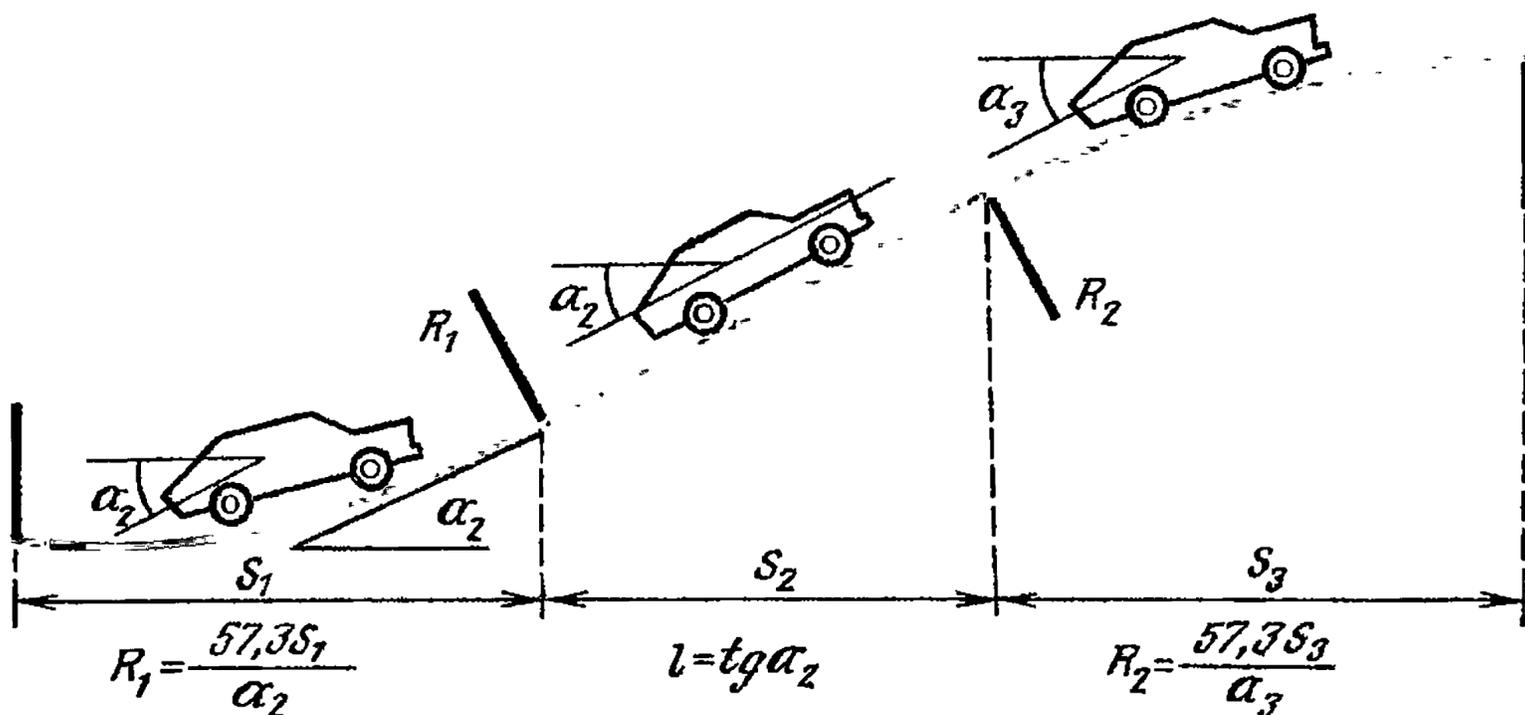


Рис. 7.2. Схема для определения продольного уклона и радиусов вертикальных кривых гироскопическими приборами

Геометрические элементы дороги в плане можно определять с точностью 1—2% также по материалам аэрофотосъемки крупного масштаба от 1:500 до 1:200.

В случае необходимости уточнения данных по отдельным кривым или участкам подъемов могут быть использованы геодезические инструменты. Радиусы кривых в плане и продольном профиле могут быть определены по хорде  $l$  и стрелке кривой  $z$  (рис. 7.3) по формуле  $R = \frac{4z^2 + l^2}{z}$ . Длину хорды следует принимать равной длине мерной ленты.

При больших радиусах, когда стрелка хорды получается малой, следует, выставив по бровке земляного полотна створ вех, найти положение вершин углов поворота и измерить его биссектрису.

Радиус

$$R = \frac{\pi}{\sec \alpha/2 - 1}.$$

Для определения угла поворота в плане выставляют вехи по внешней бровке земляного полотна. Выравнив их по теодолиту, находят по пересечению линий вершину угла, устанавливая в которой теодолит, измеряют угол  $\alpha$  (рис. 7.4, а). Если вершина угла недоступна, теодолит устанавливают в произвольной точке  $M$  на прямой  $A'B'$ . Направив взгляд на веху  $B'$ , трубу переводят через зенит и, направляя крест нитей на вешку в произвольной точке  $N$ , измеряют угол  $\beta_1$ . Затем, установив веху в точке предыдущей стоянки теодолита  $M$ , устанавливают теодолит в точке  $N$  и измеряют угол  $\beta_2$  при взгляде на веху  $M$ . Угол поворота трассы  $\alpha$  равен сумме углов  $\beta_1$  и  $\beta_2$  (рис. 7.4, б).

Продольный уклон дороги на длинных участках одинаковой крутизны может быть определен по показаниям гироскопического прибора ( $i = \text{tg } \alpha$ ) или путем непосредственного измерения угла подъема дороги по вертикальному кругу тахеометра, при навод-

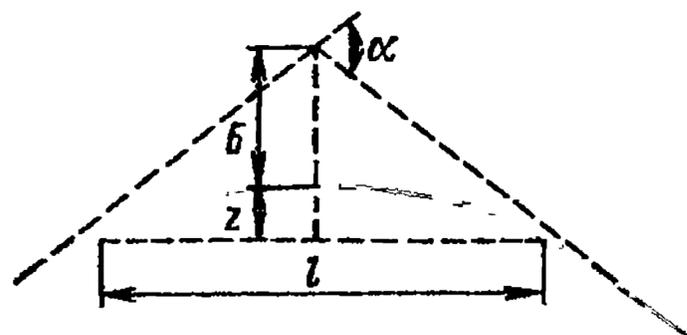


Рис. 7.3. Простейший способ определения радиусов кривых в плане

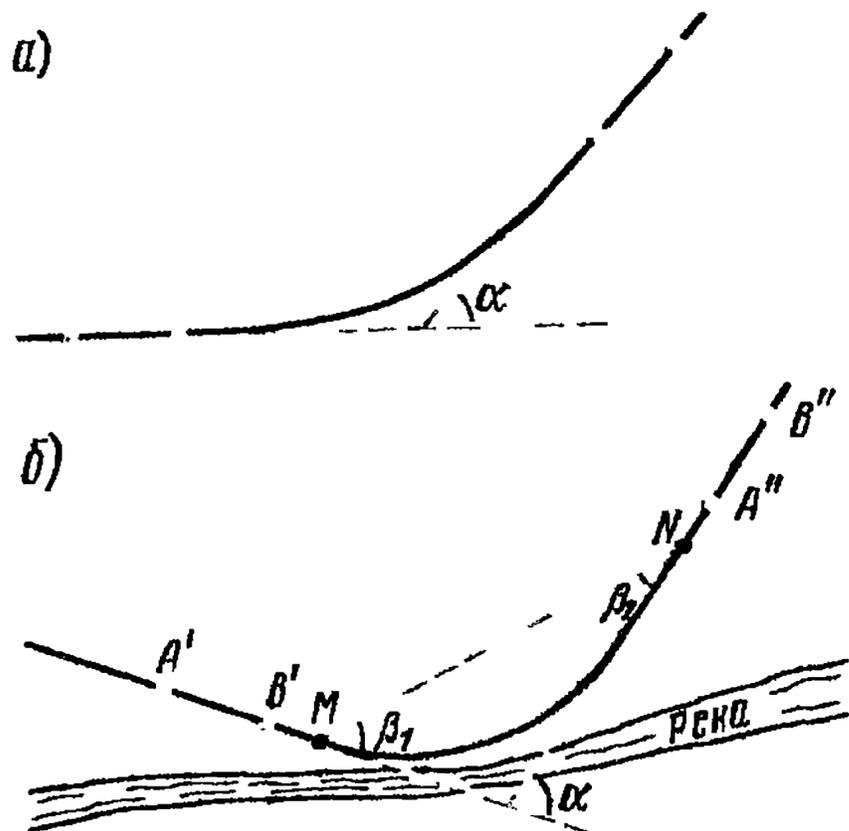


Рис. 7.4. Определение угла поворота трассы в плане:

а — обычный способ; б — при недоступности вершины угла

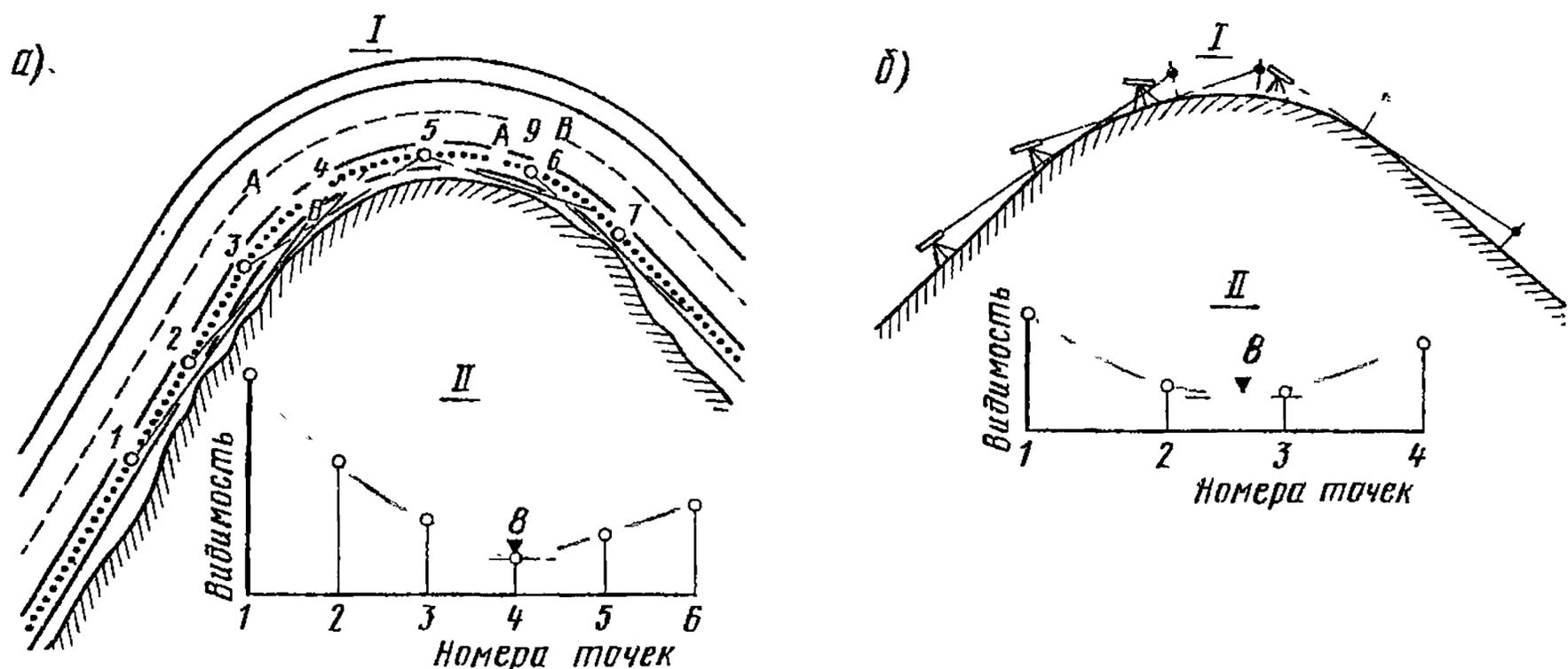


Рис. 7.5. Определение фактического расстояния видимости:

а — в плане; б — в продольном профиле;

I — последовательность измерений; II — график изменения видимости при движении по дороге;

1—7 места установки инструмента; 8 — наименьшее расстояние видимости; 9 — расстояние, которое нужно прибавить к измеренному расстоянию видимости

ке его на отметку на рейке, равную высоте инструмента.

Видимость дороги перед автомобилем на расстоянии, достаточном для остановки перед препятствием на пути или его объезда, является важнейшим условием обеспечения безопасности движения. При определении расстояния видимости не следует упускать из вида, что хотя его считают по траектории движения автомобиля, но по соображениям безопасности следует измерять по обочине. Работу выполняют два наблюдателя. На обочине через 10—20 м выставляют, отмеряя по ленте, колышки. Частота их расстановки зависит от радиуса кривой (рис. 7.5, а). Основной наблюдатель устанавливает теодолит на первой точке и следит через трубу за вторым наблюдателем, идущим вдоль дороги. Когда он замечает, что видимость вот-вот прекратится, подается сигнал. Наблюдатель останавливается и медленно перемещает вешку, пока не будет найдено предельное расстояние видимости. Затем инструмент переставляют на следующую точку, и второй наблюдатель продолжает свое движение. Расстояние определяют по выставленным колышкам, добавляя к нему для учета того, что наблюдение велось по обочине, удвоенную величину  $AB$  до середины полосы движения.

При определении видимости на выпуклых вертикальных кривых (рис. 7.5, б) теодолит наводят на веху, на которой делают отметку на уровне трубы инструмента, который при всех перестановках должен быть одинаковым. Для измерения расстояния видимости в плане и продольном профиле можно пользоваться геодезическими инструментами, определяя его по рейкам. Это не освобождает, однако, от установки на обочинах пикетажных колышков.

### 7.3. Измерение скоростей движения

Знание скоростей и режимов движения на маршруте необходимо для разработки мероприятий по повышению безопасности и организации движения. Экспериментальный график скоростей движения, построенный по значительному числу наблюдений, является более ценным исходным материалом, чем построенный по данным расчета по формулам теории автомобиля, поскольку отражает не только динамические возможности автомобиля, но и особенности восприятия дорожных условий водителями.

Наиболее объективным способом является запись скоростей групп автомобилей пристроившихся к ним автомобилем-лабораторией, оборудованным прибором для записи скоростей (метод следования за лидером). Работники дорожно-эксплуатационной службы могут во время служебных поездок производить через 200 м по спидометру запись скоростей, делая в журнале отметки о километровых столбах и характерных предметах на придорожной полосе.

Для получения эпюры скоростей движения наиболее быстрых автомобилей, соответствующих примерно 80—85% обеспеченности, должны быть организованы специальные проезды в периоды малой интенсивности движения автомобиля-лаборатории, управляемого высококвалифицированным водителем, который должен проезжать по дороге с максимальной безопасной по его мнению скоростью. При проезде одним водителем может быть получена сравнительная характеристика отдельных участков маршрута. Для большей объективности в сложных случаях должны быть организованы последовательные проезды на испытательном автомобиле несколькими водителями, обычно привлекаемыми из числа общественных инспекторов актива ГАИ.

Наиболее удобный и быстрый способ получения данных для построения эпюры скоростей движения — последовательное измерение скорости проезжающих автомобилей портативными дистанционными радиолокационными приборами, основанными на эффекте Доплера. Органы Государственной автомобильной инспекции используют для этой цели прибор «Барьер» отечественного производства. Наблюдения следует проводить скрытно, так как некоторые водители, замечая, что проводятся наблюдения, снижают скорость и даже предупреждают об этом встречных сигналами фар. Более трудоемко фиксирование наблюдателями посредством секундомеров продолжительности проезда автомобилями участка известной длины, обозначаемого на дороге створами. При следовании по дороге пачек из нескольких автомобилей измеряют скорость переднего автомобиля, распространяя ее на всю группу.

В целях сокращения числа наблюдателей места расположения створов намечают на таком расстоянии друг от друга, чтобы уло-

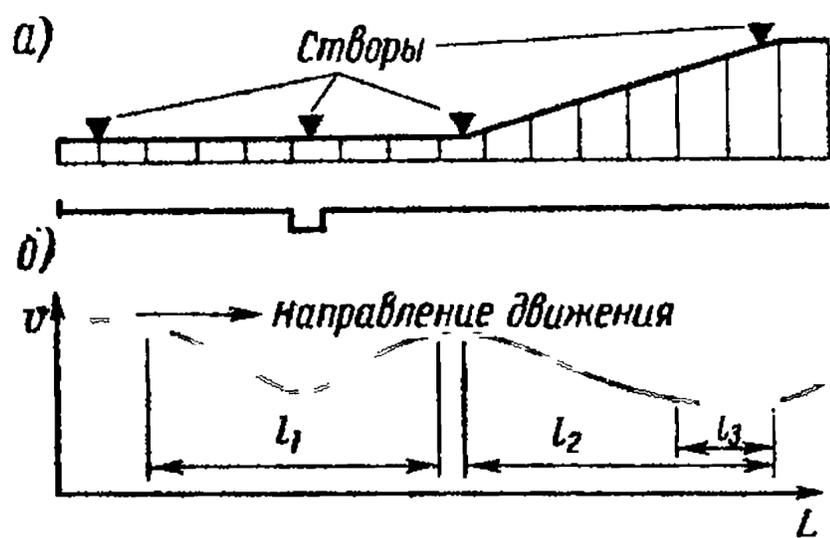


Рис. 7.6. Схема размещения створов в характерных точках для измерения скоростей движения на подъемах:

а — план и профиль дороги; б — эпюра скорости движения автомобиля:

$l_1$  — зона влияния кривой в плане;  $l_2$  — зона влияния подъема;  $l_3$  — участок постоянной скорости в верхней части подъема

новления равновесной скорости потока автомобилей на затяжных подъемах. Места створов первоначально намечают по продольному профилю и плану трассы, а затем уточняют на местности по предварительным глазомерным наблюдениям за режимами и скоростями движения.

На сложных участках дорог, где, кроме скорости, желательно изучить и траектории движения автомобилей при обгонах, вписывании в уширения проезжей части у автобусных остановок или заездах на смежные полосы проезжей части в кривых малых радиусов, хорошие результаты дает киносъемка с возвышенного места. Скорость определяют по числу кадров, снятых за время проезда автомобилем участка известной длины. При любом способе измерения скорости необходима достаточная повторяемость наблюдений. Поскольку с увеличением интенсивности движения и сложности осуществления маневров разница в скоростях движения автомобилей уменьшается, число замеров можно уменьшать, следуя таким рекомендациям:

Интенсивность движения, авт/ч . . . . .	< 50	50—100	100—200	> 200
Минимальное число замеров . . . . .	150	100	50	30

Обычно за один день наблюдатель может провести наблюдения на одном-двух створах.

При измерении скорости путем следования за впереди едущими автомобилями число наблюдений можно уменьшить, так как измеренную скорость можно отнести ко всему потоку, кроме обгоняющих и обгоняемых автомобилей. Как уже отмечалось, такие наблюдения легче всего проводить в процессе деятельности работников дорожно-эксплуатационной службы. При опытах с проез-

вить изменения скорости, связанные с влиянием дорожных условий: скорость на участке подхода, где еще не проявляется влияние изучаемого участка; скорость в месте ее наибольшего снижения (середина кривой, верхняя часть подъема, место съезда с дороги или примыкания к ней и др.) или наибольшего разгона автомобиля (конец спуска); скорость, типичная для следующего участка, после того как у автомобилей установится режим движения (рис. 7.6).

Для большей точности построения графика скоростей могут быть назначены дополнительные створы, например, в месте уста-

дами водителей-испытателей ограничиваются 10—15 повторными проездами.

Скорости в характерных точках обследуемого участка дороги определяют путем статистической обработки материалов наблюдений — построения кривой распределения и кумулятивной кривой (см. рис. 3.3).

Растяннутость кривой распределения характеризует однородность транспортного потока. Ее можно характеризовать количеством автомобилей в пределах  $\pm (5 \div 10)$  км/ч от модальной скорости, поскольку при такой разнице в скоростях большинство водителей не идет на обгон. Большинство водителей едет со скоростью, близкой к типичной для каждого участка модальной скорости. Но всегда имеется сравнительно небольшая группа водителей, едущих с повышенным риском и нарушающих установленные скорости движения. Крутой перелом в верхней части кумулятивной кривой отделяет эту часть автомобилей, не подчиняющихся общим закономерностям остальной части потока. Превышение модальной скорости, составляющее 85%, обычно кладут в основу разрабатываемых планов устранения опасных участков и организации движения, считая неправильным удорожание и осложнение мероприятий из-за этой небольшой и неорганизованной группы участников движения.

#### **7.4. Оценка ровности и коэффициента сцепления покрытий**

Ровность покрытий и коэффициент сцепления с ними шин автомобилей являются показателями, зависящими от погодных условий и меняющимися в процессе службы дороги. Для достаточно точного представления о них должны регулярно проводиться обследования дорог. Для измерений ровности покрытий и коэффициентов сцепления в разных странах было предложено много различных приборов и методов.

При приемке вновь построенных дорог используют рейки, прикладываемые вдоль дороги в 0,75—1 м от кромки покрытия. В России принято, что в 95% случаев просвет под 3-метровой рейкой на эксплуатируемых дорогах не должен превышать 5 мм на покрытиях капитального типа, 7 мм — на облегченных и 15 мм — на переходных. Допускаются единичные большие просветы, но они не должны превышать допускаемые более чем в 2 раза. Предельный процент их на измеренном участке допускается для одежд капитального типа от 9 при интенсивностях движения, меньших 1000 авт/сут, до 6 при интенсивностях 7000 авт/сут.

За рубежом требования к ровности покрытий выше. Там используют 4-метровые рейки, наиболее совершенные — на колесах. При прокатывании по покрытию они указывают на шкале значение неровности и сигнализируют звонком, когда оно превы-

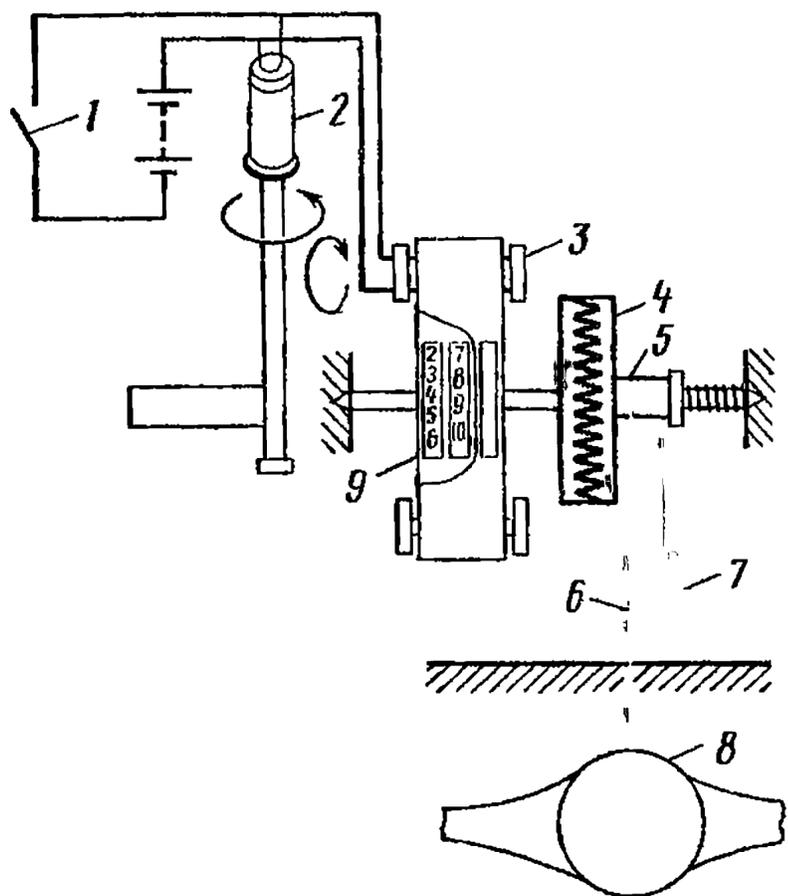


Рис. 7.7. Схема толчкомера:

1 — кнопка включения прибора; 2 — электромотор печатающего механизма; 3 — электромотор протяжки бумажной ленты; 4 — храповая муфта; 5 — барабан, жестко соединенный с муфтой; 6 — гибкий трос; 7 — натяжная пружина; 8 — задний мост автомобиля; 9 — счетный механизм

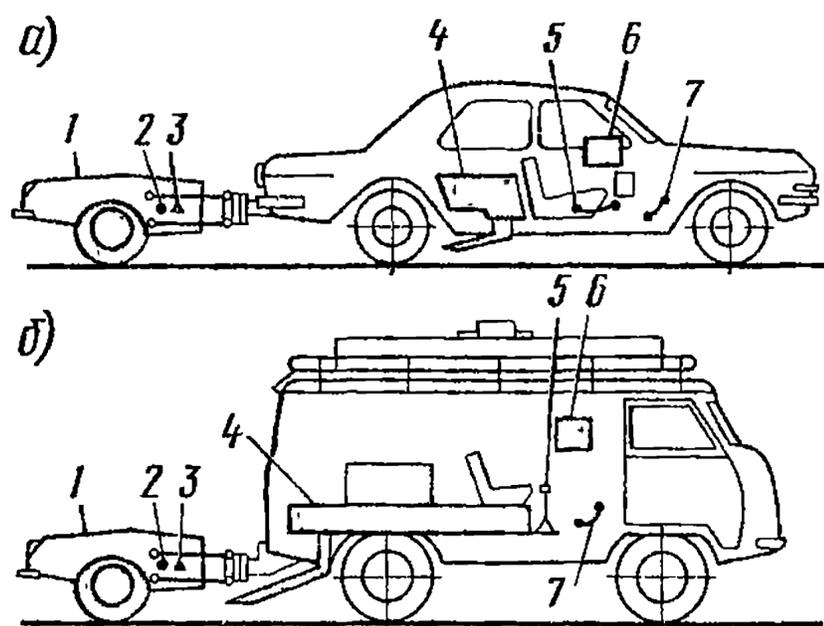


Рис. 7.8. Прибор ПҚРС-2У:

а — на прицепе к легковому автомобилю; б — к автомобилю УАЗ; 1 — прицеп с измерительным колесом; 2 — датчик ровности; 3 — датчик сцепления; 4 — бак для воды; 5 — рукоятка для подачи воды; 6 — прибор, регулирующий подачу; 7 — педаль тормоза измерительного колеса

шает допускаемое. Некоторые типы реек делают при этом отметку краской на покрытии и могут записывать микропрофиль. Однако рейки не характеризуют наличие на покрытии волн длиной 15—20 м, которые вызывают колебания быстредущих автомобилей и определяют комфортабельность движения.

Для оценки транспортно-эксплуатационных качеств дороги и безопасности движения более применимы приборы большей производительности, характеризующие ровность покрытия по ее воздействию на динамику движения автомобиля.

Наибольшее распространение при оценке ровности дорожных покрытий в целях установления их транспортных качеств и планирования мероприятий по ремонту имеют толчкомеры, предложенные впервые в 20-х годах в США. По их типу были сконструированы толчкомеры Харьковского автомобильно-дорожного института, впоследствии модифицированные Казахским филиалом Союздорнии (рис. 7.7).

Толчкомер регистрирует сумму прогибов задних рессор автомобиля при проезде участка определенной длины.

Основной частью прибора является храповая муфта, которую устанавливают на полке за задним сиденьем легкового автомобиля. Муфта соединяется с задним мостом автомобиля гибким тросом, натягиваемым пружиной. При разжатиях рессор барабанчик, на который намотан трос, поворачивает жестко соединенную с ним храповую муфту. Это вращение передается счетному меха-

низму. При сжатии рессор храповая муфта проскальзывает. При последовательных колебаниях автомобиля во время движения колебания кузова по отношению к заднему мосту суммируются.

В момент снятия показаний, обычно при проезде мимо километровых знаков, оператор включает катушку электромагнита, которая прижимает к цифрам на дисках счетного механизма бумажную ленту, печатая через ленту от пишущей машинки отсчет. После снятия отсчета бумажная и копировальная ленты автоматически передвигаются для следующего отсчета.

Показания толчкомеров зависят не только от размеров и количества неровностей на покрытии, но и от характеристик и состояния автомобиля. Поэтому испытания проводят в строго стандартных условиях при нормативном давлении воздуха в шине, массе груза в автомобиле, постоянной скорости движения автомобиля 60 км/ч и движении без обгонов. При израсходовании 10—15 л топлива бак доливают.

Использование толчкомеров предполагает, что покрытия однородны по степени ровности на больших участках. Крупные неровности искажают результаты измерения. Такие места пропускают, пересчитывая потом показания оставленных участков на километр. Показания толчкомеров зависят от марки автомобиля и его технического состояния. Поэтому до выезда на испытания обычно производят контрольную тарировку установленного на автомобиле толчкомера путем проезда по эталонным участкам с прочной дорожной одеждой и хорошей ровностью.

Меньшее распространение имеет более сложный и дорогостоящий прибор Союздорнии ПКРС-2У — одноколесный прицеп с мягкой подвеской (рис. 7.8), который может использоваться также для измерения коэффициентов сцепления. Он измеряет перемещение оси колеса по отношению к массивной раме прицепа, которая практически не реагирует на перемещения колеса, гасимые рессорами.

Усовершенствованные покрытия, находящиеся в удовлетворительном состоянии, имеют ровность по толчкомеру 100—200 см/км и по ПКРС-2У — от 650 до 1100 см/км, а в хорошем состоянии — соответственно 50—100 и 400—650 см/км. На рис. 7.9 показана корреляционная зависимость между процентом просветов, превышающих 3 см под 3-метровой рейкой, и показаниями ровности по ПКРС. Результаты измерений ровности оформляют в виде графиков (рис. 7.10).

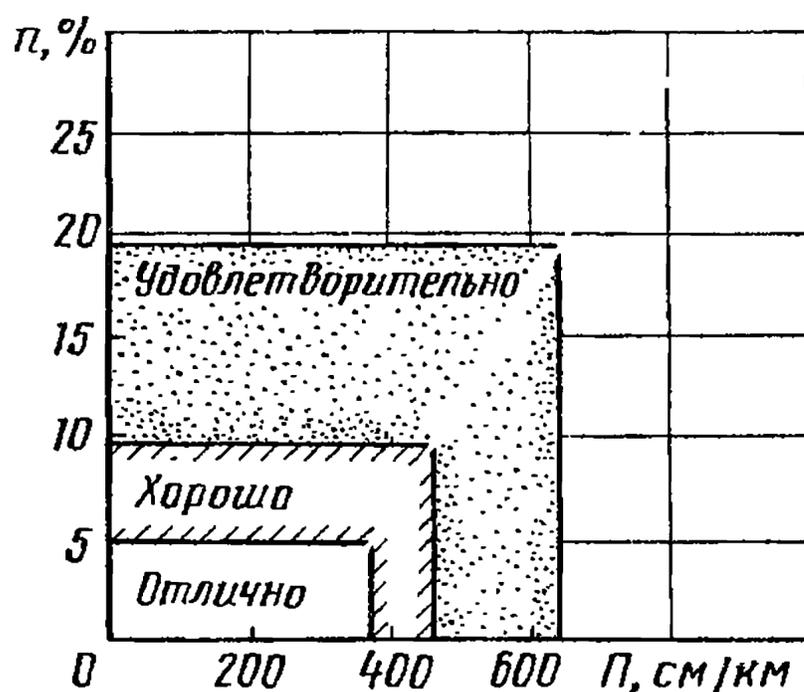


Рис. 7.9. Корреляционный график между характеристиками ровности 3-метровой рейкой и прибором ПКРС-2У

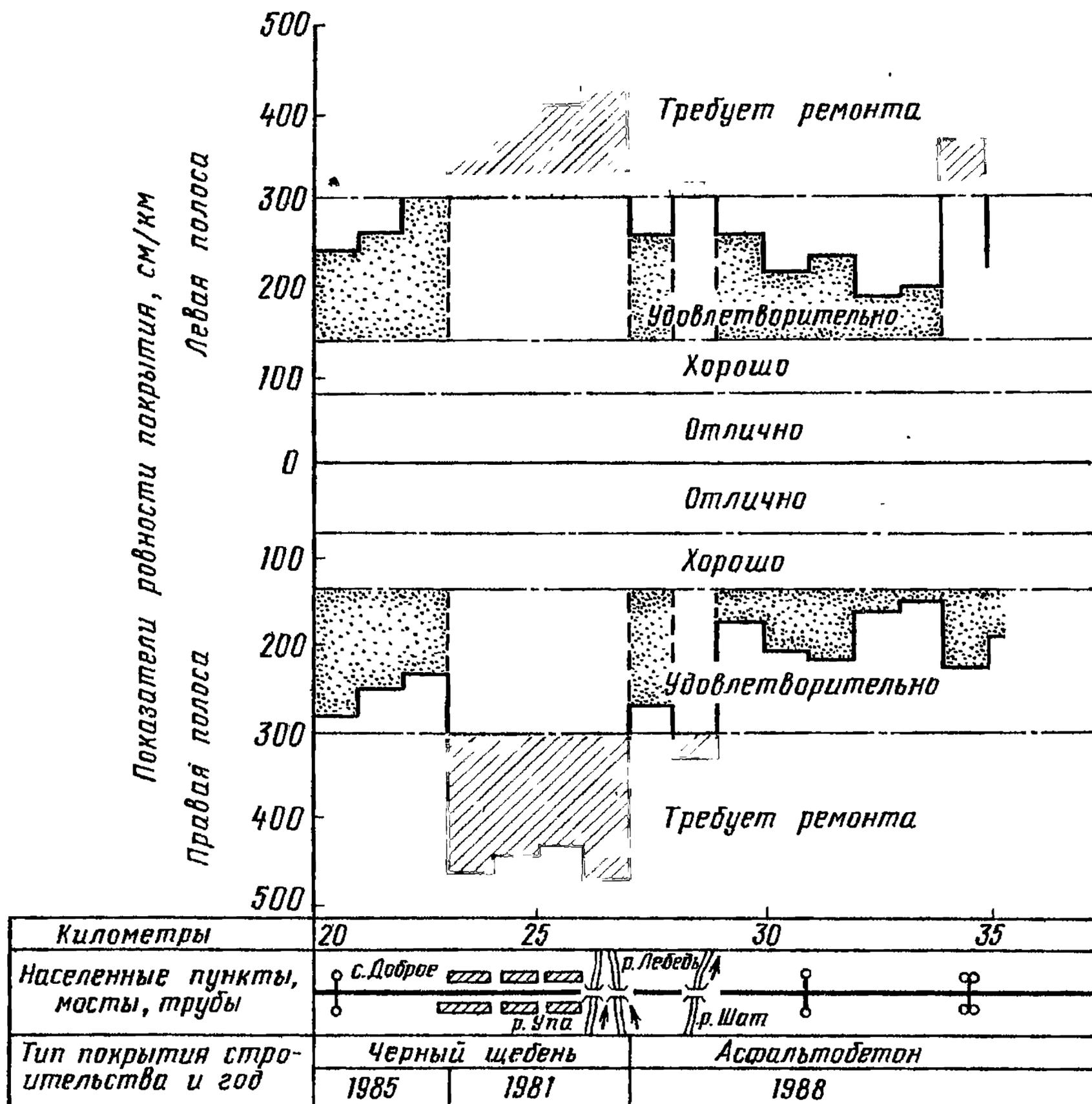


Рис. 7.10. График ровности покрытия по испытаниям толчкомером

Все приборы, устанавливаемые на автомобилях, дают усредненную характеристику ровности участка дороги. Поэтому при осмотре дороги необходимо отдельно учитывать крупные неровности — просадки перед мостами, сдвиги асфальтобетона в местах частых торможений перед светофорами и автобусными остановками, выбоины и волны (неровности в виде поперечных пологих валов и понижений, чередующиеся через 0,8—1,5 м).

Коэффициент сцепления определяют преимущественно прицепными динамометрическими тележками. Прибор Союздорнии ПКРС-2У измеряет реактивный тормозной момент, возникающий при заблокировании колеса тележки. Для увлажнения покрытия под колесом прицепа установка снабжена баком для воды и устройством для разбрызгивания ее по покрытию, создающим перед

скользящим колесом слой воды толщиной 1 мм. В связи с влиянием на коэффициент сцепления рисунка протектора и степени его износа испытания проводят с гладкой беспротекторной шиной размером 6,45—13 с внутренним давлением воздуха 0,17 МПа и вертикальной нагрузкой 2,94 кН. При отсутствии специальной шины допускается использовать изношенную шину с глубиной канавок протектора не более 1 мм.

Коэффициент сцепления определяют, периодически тормозя колесо тележки. Обычно на одном километре удается выполнить три-четыре торможения, в результате чего получается выборочная характеристика участка, не гарантирующая от наличия невыявленных отдельных мест с отличающимися от полученных значениями коэффициентов сцепления. Поэтому для получения объективной характеристики участка необходимо провести несколько измерений, меняя места торможения.

Для определения коэффициента сцепления динамометрическими тележками требуется длинный участок дороги, на котором автомобиль мог бы разогнаться до обычной скорости испытаний 60 км/ч. Не во всех случаях это возможно. Кроме того, при расследовании дорожно-транспортных происшествий бывает необходимо оценить коэффициент сцепления точно на месте происшествия. Для этой цели удобен серийно выпускаемый портативный прибор ударного действия МАДИ — НИИ БД конструкции Ю. В. Кузнецова (рис. 7.11). Груз 2 массой 9 кг, падающий после нажатия кнопки 1 с высоты 1,5 м, растягивая помещенную внутри направляющей трубчатой штанги 3 пружину 4, ударяется о подвижную муфту 5, раздвигая укрепленные на шарнирах 6 толкающие штанги 7. Штанги прижимают к покрытию резиновые имитаторы шин 8, которые смещаются, преодолевая сопротивление трению о покрытие и растягиванию стягивающих пружин 9. Смещение муфты фиксируется увлекаемой ею пружинной шайбой 10. Перемещения имитаторов, характеризующее коэффициент сцепления резины с покрытием, измеряют по делениям 11, нанесенным на опорной штанге, на основании сопоставительной тарировки с динамометрической тележкой.

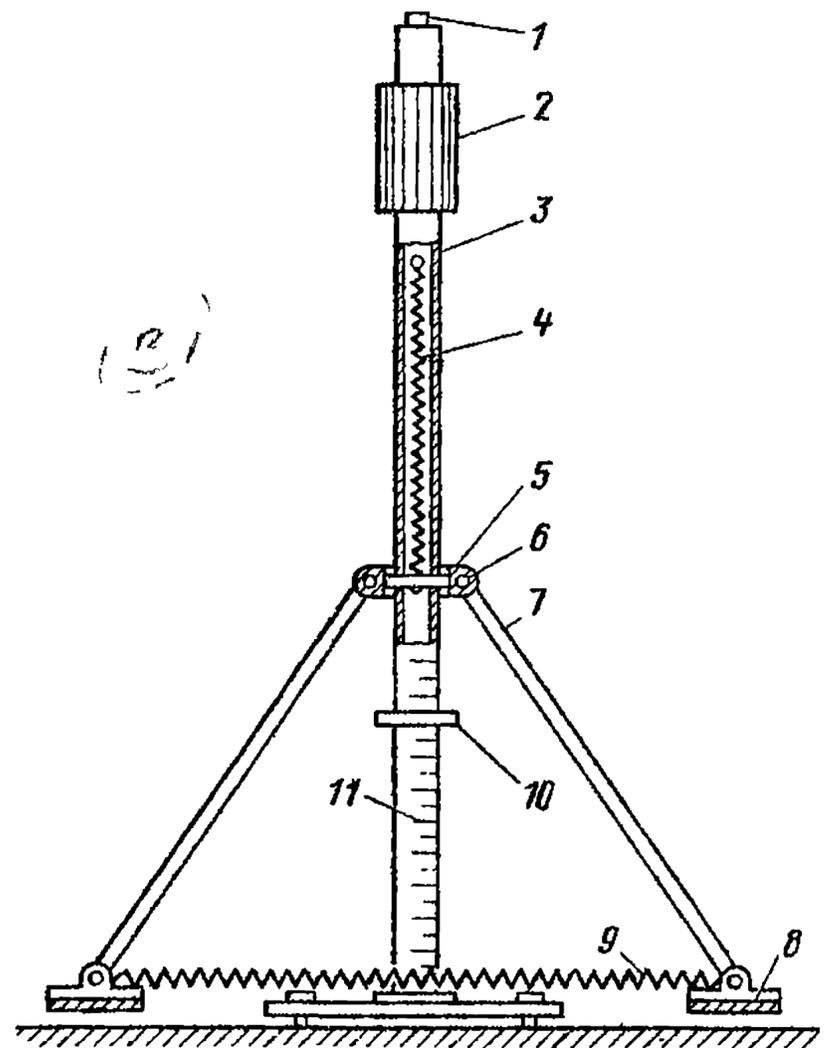


Рис. 7.11. Портативный прибор МАДИ-НИИ БД для оценки скользкости покрытий

За рубежом для практических целей широкое распространение имеют портативные маятниковые приборы. В них маятник с резиновым наконечником, отпущенный с определенной высоты, тормозится трением о покрытие. Наибольшее распространение имеет прибор Транспортной и дорожной исследовательской лаборатории Великобритании (рис. 7.12). Значение коэффициента трения характеризуется углом отклонения маятника после прохождения зоны контакта. Маятниковые приборы просты в употреблении, дают достаточно хорошее соответствие с результатами измерения коэффициента сцепления при помощи динамометрических тележек на покрытиях с мелкозернистой текстурой. Недостаток маятниковых приборов заключается в том, что из-за малой массы маятника скорость проскальзывания резиновой пластины по покрытию зависит от шероховатости покрытия и не соответствует реальным скоростям движения заторможенного колеса автомобиля по дорожному покрытию. Кроме того, малые площади контакта не обеспечивают стабильности показаний на покрытиях с текстурой.

Автомобильные организации и органы Госавтоинспекции в практике расследования дорожно-транспортных происшествий иногда определяют коэффициент сцепления по тормозному пути автомобиля, рассчитывая его по простейшей формуле  $\varphi = v^2 / 2gL$ , где  $v$  — скорость начала блокировки колес, м/с;  $g$  — ускорение свободного падения;  $L$  — тормозной путь, м.

Получаемое значение коэффициента сцепления зависит от начальной скорости торможения и меняется в его процессе. Оно является средним и не может сопоставляться с результатами измерений динамометрическими тележками, которые определяют при постоянной скорости.

При оценке состояния покрытий во время расследования дорожных происшествий такой способ хотя и моделирует процесс аварийного торможения, но на результатах измерений может отражаться различие в техническом состоянии испытательного автомобиля и автомобиля, вовлеченного в происшествие. Научно-

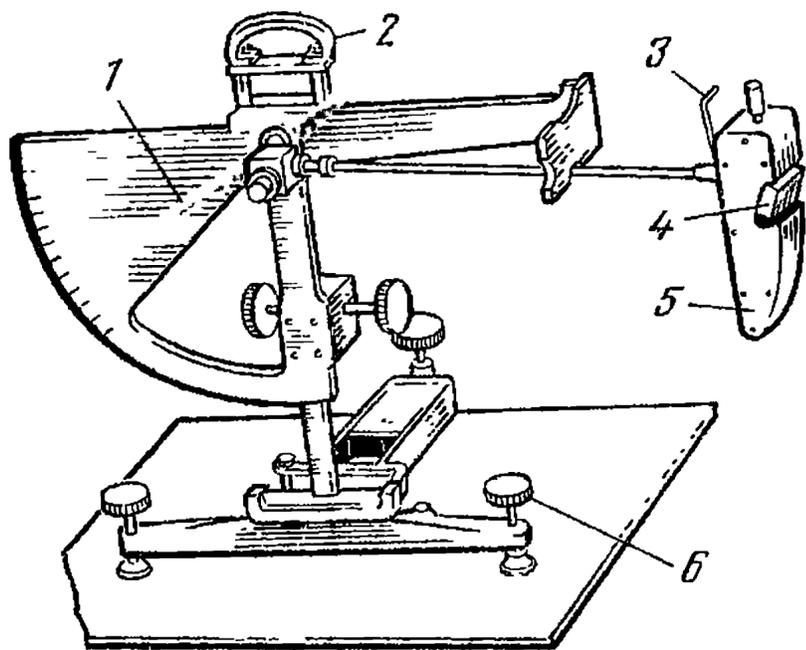


Рис. 7.12. Портативный маятниковый прибор Транспортной и дорожной лаборатории Великобритании:

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

исследовательский институт автомобильного транспорта рекомендует для учета этого обстоятельства вводить коэффициенты эксплуатационного состояния автомобиля  $K_3$ , равные для исправных автомобилей с нагрузкой: легковых — 1,2; грузовых грузоподъемностью до 4,5 т и автобусов длиной до 7,5 м — 1,8; грузовых грузоподъемностью свыше 4,5 т и автобусов длиннее 7,5 м — 2,0.

Значение коэффициента сцепления зависит от шероховатости дорожных покрытий, наличия на их поверхности мелких выступов, которые вдавливаются в беговую дорожку шины при качении колеса, а при проскальзывании ведущих колес или скольжении заблокированной шины, упруго деформируя или прорезая резину, создают сопротивление смещению шины.

Наиболее распространенным, хотя и несовершенным методом оценки шероховатости является метод «песчаного пятна». Небольшое количество сухого мелкого песка с крупностью частиц менее 0,3 мм, объем которого точно замерен, рассыпают по поверхности дорожного покрытия кучкой и разравнивают плоским диском в виде правильного круга или прямоугольника так, чтобы весь песок разместился между выступами каменных частиц. Диаметр или сторону прямоугольника измеряют как среднее из четырех измерений.

При мелкошероховатой поверхности покрытия для испытаний достаточно принять 250 см<sup>3</sup> песка, для средне- и крупношероховатой — 500 см<sup>3</sup>.

Среднее значение шероховатости  $H_{ср} = V/\omega_{пятна}$ , где  $V$  — объем песка;  $\omega_{пятна}$  — площадь песчаного пятна.

На каждом однотипном участке покрытия проводят несколько измерений и принимают среднее их значение.

Существует ряд других способов определения высоты и формы неровностей, используемых преимущественно в исследовательских целях (гипсовые слепки, игольчатые профилографы и др.). Считают, что средняя глубина впадин между выступами шероховатостей должна составлять 0,30—0,35 мм для легких и 0,40—0,45 мм для опасных условий движения.

## 7.5. Оценка интенсивности движения

Степень безопасности дороги в большой степени зависит от интенсивности движения. На дорогах общего пользования общесоюзного, республиканского и значительной части дорог областного подчинения (I—III категорий) дорожно-эксплуатационная служба должна регулярно проводить учет интенсивности движения. Данными этого учета следует в первую очередь воспользоваться при обследованиях дорог.

Наиболее совершенный метод учета — круглогодичная круглосуточная регистрация проходящих автомобилей автоматическими

электронными счетчиками, лучшие модели которых, помимо учета количества прошедших автомобилей, классифицируют их по группам и скорости движения. Наибольший опыт такого учета накоплен в Латвии. На территории России учет проводят преимущественно наблюдатели визуальным способом.

Учет движения проводят 4-го и 19-го числа каждого месяца в течение суток с 0.00 до 24.00 ч по местному времени. Кроме того, для выяснения особенностей и характера движения в дни праздников и массовых мероприятий проводят дополнительный учет.

По данным наблюдений определяют интенсивность и состав движения, коэффициент часовой неравномерности и по материалам всего комплекса наблюдений определяют основной показатель в нормах на проектирование — среднесуточную среднегодовую интенсивность движения. В отдельных случаях резкого различия интенсивности в разные месяцы года, особенно характерных для сельскохозяйственных районов, вводят повышающие коэффициенты. Предложен ряд упрощенных методов, позволяющих приближенно оценить интенсивность движения по данным кратковременных наблюдений. Так, например, в Грузии установили, что существует достаточно устойчивая связь между количеством автомобилей, проходящих по участку дороги между 12 и 13 ч в понедельник и четверг, которое составляет 7,44% суточной интенсивности, причем отклонения невелики.

Основной целью учета движения является прогнозирование дальнейшего роста интенсивности. Для этого экстраполируют результаты наблюдений за ряд предшествующих лет. Сроки планирования мероприятий по организации движения — 5 лет, при проектировании элементов трассы и поперечных профилей дорог —

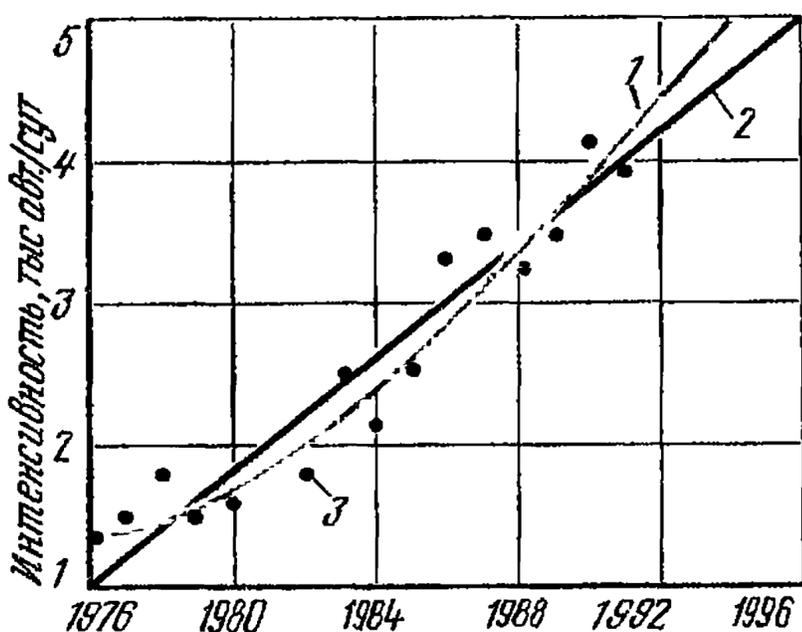


Рис. 7.13. Графический метод прогнозирования интенсивности движения по данным учета:

1 — экстраполяция полиномом  $N_t = 72t^2 + 1055t + 10\,150$ ; 2 — прямой линией  $N_t = 2000t + 10\,000$ ; 3 — интенсивность по данным учета

25 лет. В зависимости от темпов роста интенсивности за прошлые годы используют формулы линейного роста  $N_{расч} = (1 + kt) N_0$  или уравнение сложных процентов  $N_{расч} = \left(1 + \frac{p_0}{100}\right)^t N_0$ , где  $N_0$  — начальная интенсивность;  $t$  — расчетный срок;  $k$  и  $p_0$  — принятые темпы прироста интенсивности движения.

Наиболее точно может учесть тенденции изменения интенсивности метод полиномов  $N_t = N_0 + at + bt^2 + \dots + nt^n$ , в котором число членов зависит от наличия данных.

Точность прогнозирования интенсивности во многом зависит

коэффициент безопасности уменьшается и степень опасности участка после улучшения дороги возрастает.

Пусть, например, в случае, показанном на рис. 8.1, максимальная возможная скорость въезда на кривую в плане, радиус которой обеспечивает движение со скоростью  $v_{кр}$ , была равна  $v$ . После укладки на дороге по старому покрытию, использованному как

основание ровного асфальтобетонного покрытия скорость движения по дороге увеличилась до  $v_{аб}$ . Но допускаемая скорость на кривой при этом не меняется и остается равной  $v_{кр}$ . Коэффициент безопасности при этом снижается, так как

$$K_{без рек} = \frac{v_{кр}}{v_{аб}} < K_{без} = \frac{v_{кр}}{v}.$$

Любое проводимое на дороге улучшающее мероприятие имеет временный характер. В связи с развитием народного хозяйства страны интенсивность движения по дорогам систематически возрастает. Соответственно с каждым годом в формуле для определения итогового коэффициента аварийности увеличивается значение частного коэффициента, учитывающего интенсивность движения. Этот коэффициент, согласно рис. 4.1, вначале возрастает прямо пропорционально интенсивности, а в дальнейшем начинает расти быстрее, чем увеличивается интенсивность. В настоящее время на дорогах с двумя полосами движения интенсивность близка к этому критическому значению. Поэтому участки дорог, пока еще не привлекающие к себе внимание, через несколько лет могут стать опасными.

На рис. 8.2 приведен пример постепенного проявления опасных мест по мере возрастания интенсивности движения. Вначале значения итоговых коэффициентов аварийности были ниже предельно допустимых. Через несколько лет итоговый коэффициент аварийности участка с узким малым мостом превысит допустимое значение. Устранить опасное место можно, заменив мост многоочковой трубой. Но в рассматриваемом примере еще через несколько лет дальнейшее повышение интенсивности сделает опасными участки в пределах населенных пунктов и в кривых малых радиусов, и потребуются новый цикл работ по устранению опасных мест.

Такое постепенное выборочное улучшение дорог наиболее рационально выполнять силами дорожно-эксплуатационной службы в процессе плановых ремонтов дороги. Выборочная реконструкция отдельных участков дорог должна осуществляться на основе

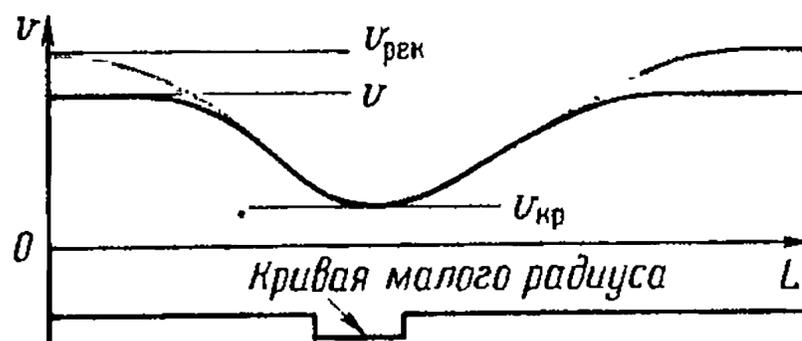


Рис. 8.1. Снижение безопасности движения при постройке усовершенствованного покрытия без улучшения плана дороги

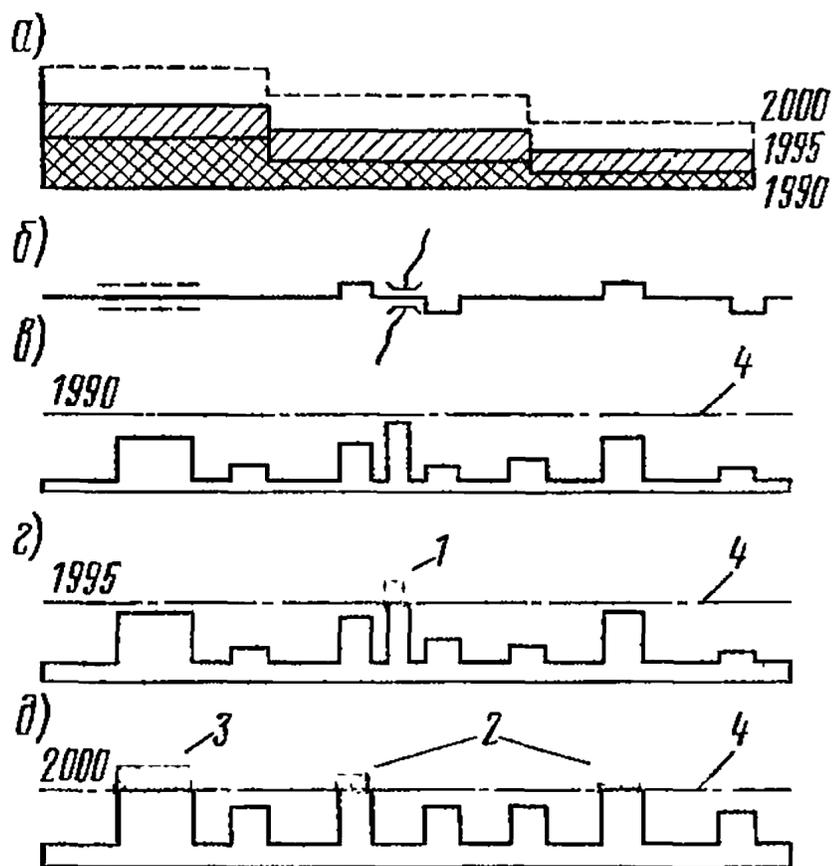


Рис. 8.2. Постепенное появление опасных мест по мере возрастания интенсивности движения по дороге:

*a* — рост интенсивности движения по годам; *b* — план трассы; *в, г, д* — эпюры коэффициентов аварийности;

*1* — требуется замена узкого моста трубой; *2* — необходима реконструкция кривой; *3* — необходимо улучшение условий движения в населенном пункте; *4* — предельное допустимое значение  $K_{н\text{ог}}$

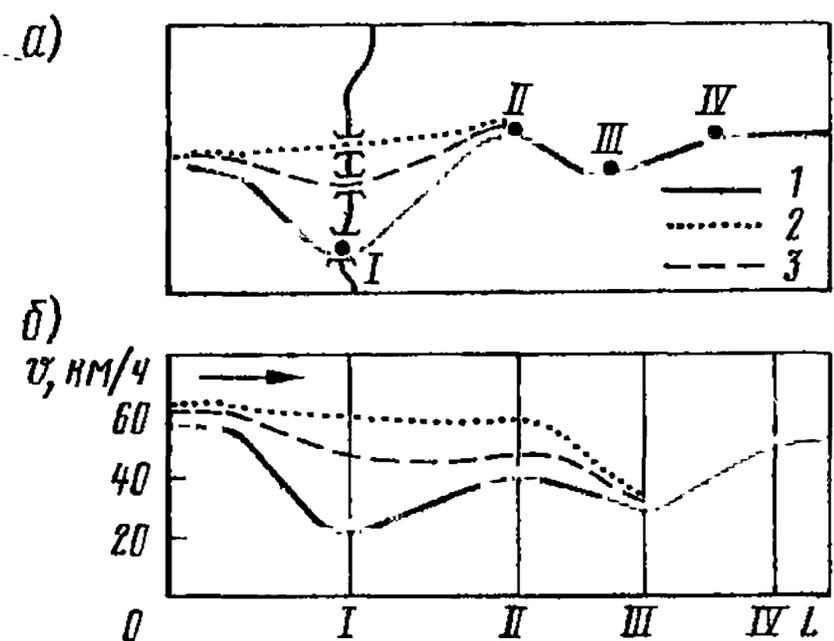


Рис. 8.3. Пример исправления одного опасного участка дороги, приведшего к возникновению новых опасных мест:

*a* — план дороги; *б* — скорость движения на участке;

*1* — существующая дорога; *2* — новый участок, рассчитанный на движение с высокой скоростью; *3* — оптимальный вариант; *I—IV* — вершины кривых в плане

сравнения вариантов. Критерием необходимости улучшения должна являться скорость движения по улучшенному участку. Экономически нецелесообразно при улучшении ориентироваться на расчетную скорость для дорог с современной интенсивностью движения. На старых дорогах, как правило, она не обеспечивается из-за несоответствия геометрических элементов новым расчетным скоростям. Задачей улучшений условий движения является достижение на всем протяжении дороги постоянной или мало изменяющейся скорости движения.

Поэтому основой проекта повышения транспортных качеств дороги должен являться график скоростей движения. Для всех участков, где коэффициент безопасности менее 0,8, должны быть разработаны варианты улучшения условий движения. Место каждого снижения скорости должно быть проанализировано для установления вызывающих его причин. Не всегда это будет связано с изменением трассы дороги. Например, на крутых подъемах повышение средней скорости транспортного потока может быть достигнуто выделением медленно едущих транспортных средств на специально устроенную дополнительную полосу проезжей части или разделением местного и транзитного движения на разные полосы движения.

Для увеличения видимости часто бывает достаточно расчистить придорожную полосу.

Размер того или иного элемента дороги еще не характеризует опасность возникновения на нем дорожно-транспортного проис-

шествия, так как скорость движения по нему в значительной степени определяется возможной скоростью въезда на него автомобилей с предшествующего участка. Например кривая, радиус которой обеспечивает движение со скоростью 40 км/ч, безопасна при въезде со скоростью 50 км/ч ( $K_{без}=0,8$ ) и очень опасна при скорости 100 км/ч ( $K_{без}=0,4$ ). В этом заключается опасность одиночных кривых малого радиуса, расположенных между длинными прямыми участками.

Повышение коэффициента безопасности движения в принципе может быть достигнуто двумя способами:

- 1) повышением скорости движения на улучшаемом участке;
  - 2) снижением скорости въезжающих на участок автомобилей.
- Этот более редкий случай рассмотрен в § 10.3.

В некоторых случаях практика устранения опасных участков показывает, что при непродуманном назначении ремонтных мероприятий рядом с перестроенным опасным участком на смежном возникают новые опасные места сосредоточения происшествий. На рис. 8.3 показан пример, когда на извилистом участке дороги спрямление одной из кривых вызвало повышение опасности движения в смежной кривой. До исправления участка в кривой *I* коэффициент безопасности составлял 0,42, в кривой *III* — 0,75. Первоначальный вариант улучшения трассы со спрямлением извилины и повышением рабочей отметки моста привел бы к тому, что коэффициент безопасности снизился бы для кривой *III* до 0,50. Более правильным был бы промежуточный вариант, при котором коэффициент безопасности увеличился на кривой *I* до 0,75, а на кривой *III* — до 0,62, с чем можно было бы согласиться.

Таким образом, минимальная программа увеличения транспортно-эксплуатационных качеств дороги и обеспечения безопасности движения сводится к замене ступенчатой или пилообразной линии на графике скоростей движения более плавной линией таким образом, чтобы коэффициент безопасности движения в обоих направлениях был не ниже 0,8. В примере на рис. 8.4 увеличение коэффициента безопасности достигается уширением моста, увеличением радиуса кривой и смягчением подъема. Для последнего случая предлагается конкурирующий вариант устройства дополнительной полосы на подъеме, разделяющей движение грузовых и легковых автомобилей. Эффективность этих мероприятий лучше всего оценивать методом коэффициентов аварийности.

При близком расположении кривых в плане, когда трасса становится извилистой и, как следует из § 5.3, ее транспортно-эксплуатационные качества значительно ухудшаются, должны рассматриваться варианты спрямления (рис. 8.5), хотя на практике выполнение мероприятий по улучшению трассы встречает теперь существенные трудности в связи с отводом земли для дорожных работ.

Особенностью разработки проектов перестройки опасных участков дороги должна быть широкая вариантность возможных ме-

тодов улучшения условий движения. Методы коренного улучшения путем перестройки должны сочетаться с мероприятиями, направленными на улучшение организации движения дорожными средствами. Ему следует уделять большое внимание, поскольку в условиях недостаточной плотности дорожной сети технико-экономические обоснования необходимых условий движения на существующих дорогах не всегда бывают убедительными для планирующих организаций. Затраты на дорожные работы осуществляются из фондов дорожных организаций, а получаемый экономический эффект от улучшения дороги расплывается между многочисленными пользователями дороги и остается неучтенным.

Исправление опасных мест всегда бывает связано с отказом от их отдельных участков. Их целесообразно использовать для оборудования площадок отдыха, съездов на прилегающие полевые дороги. Остальные участки должны быть разобраны.

Грунт из насыпей следует использовать для проводимых строительных работ, а освободившаяся полоса местности после рекультивации должна быть передана сельскохозяйственным организациям.

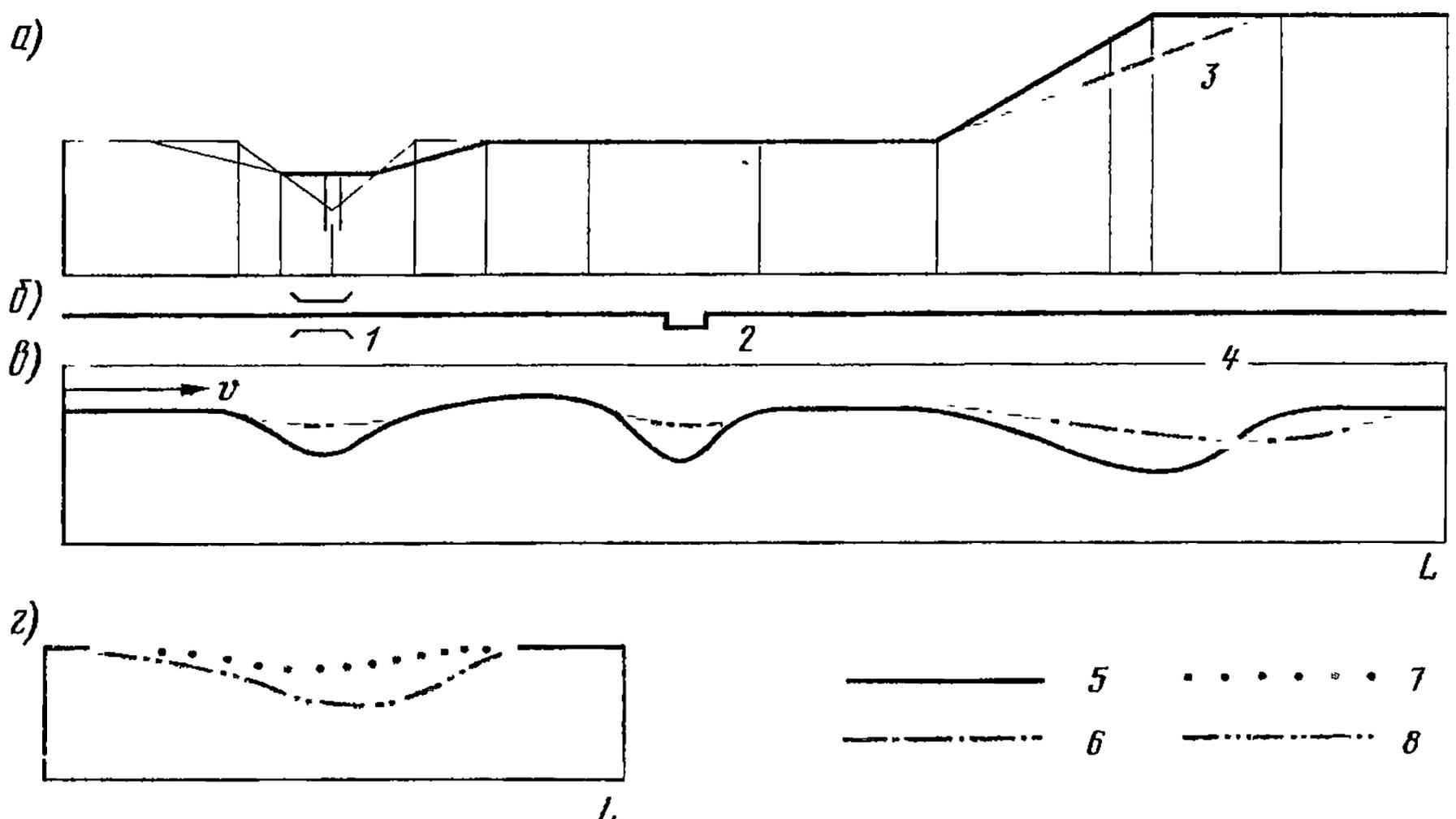


Рис. 8.4. Схема повышения транспортно-эксплуатационных характеристик выборочным исправлением отдельных участков:

а — продольный профиль; б — спрямленный план трассы; в — эпюра средних скоростей движения в направлении, указанном стрелкой; г — скорости движения на подъеме до и после устройства дополнительной полосы;

1 — узкий мост; 2 — кривая малого радиуса; 3 — смягчение продольного уклона; 4 — дополнительная полоса движения на подъеме; 5 — скорость движения до улучшения дороги; 6 — средняя скорость после улучшения; 7 — скорость легковых автомобилей; 8 — скорость грузовых автомобилей

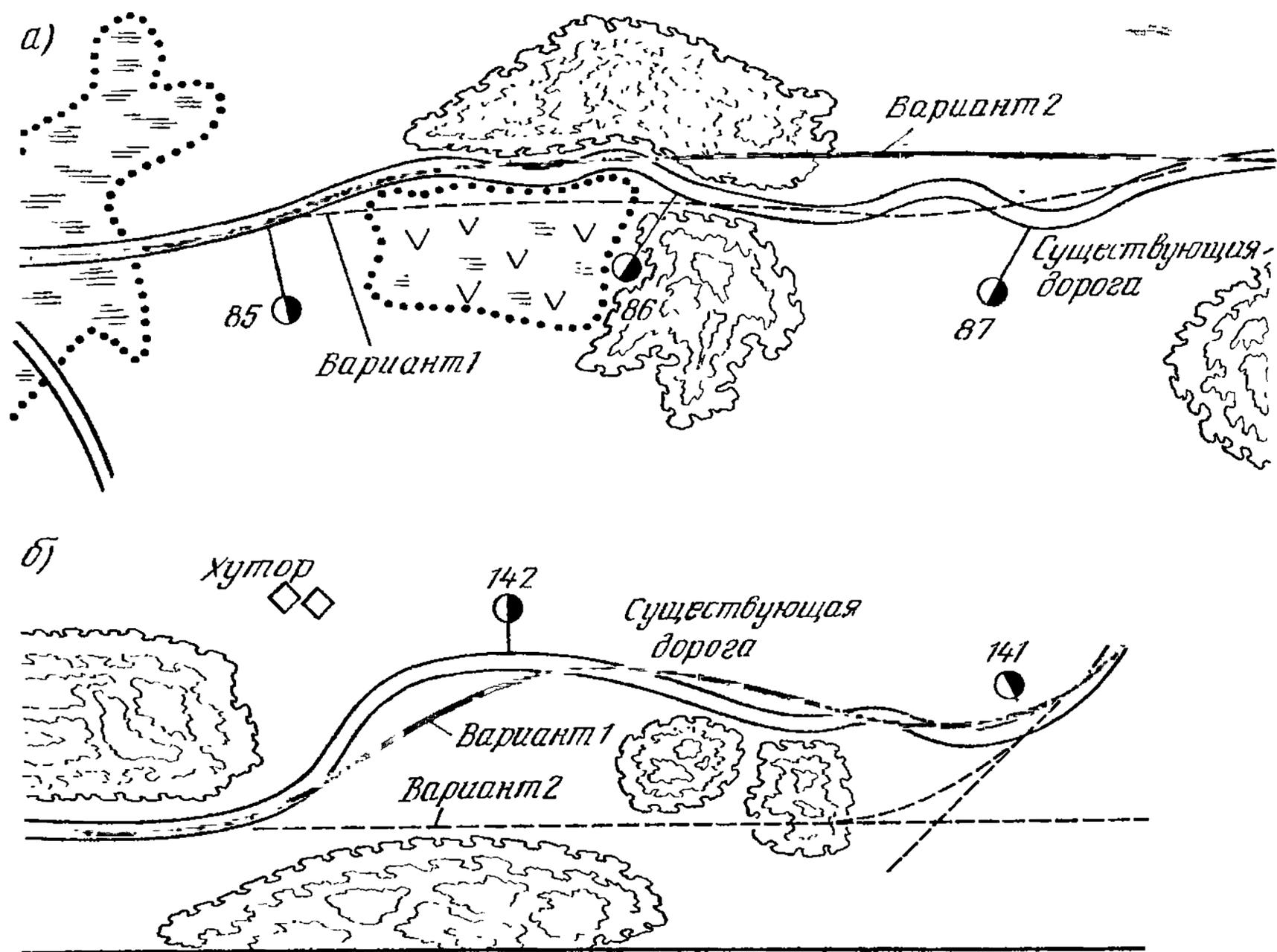


Рис. 8.5. Два примера устранения необоснованной извилистости дороги:  
 а — на прямом участке; б — на сопряжении кривых

Неиспользуемые заброшенные участки дороги создают у местного населения впечатление малой обоснованности проводимых дорожных работ — постройки новой дороги рядом с существующей.

## 8.2. Очередность проведения мероприятий по обеспечению безопасности движения

При построении графиков итогового коэффициента аварийности иногда получается, что значения коэффициента на участках, нуждающихся в исправлении, отличаются сравнительно мало. В случаях когда возможности быстрого улучшения всей дороги ограничены, очень важно правильно установить очередность перестройки опасных участков. Для этой цели О. А. Дивочкиным разработан метод дополнительного учета тяжести дорожно-транспортных происшествий при построении графиков коэффициентов аварийности. Он основан на том, что в связи с различием в скорости транспортных потоков и характера выполняемых маневров виды происшествий меняются, как показано в гл. 4. Поэтому рав-

ным коэффициентам аварийности могут соответствовать различные потери от дорожно-транспортных происшествий.

Ухудшение дорожных условий ведет к росту числа происшествий и соответственно увеличению потерь от них. Но между ними нет прямой пропорциональности. В ряде случаев плохие дорожные условия вынуждают водителей ехать с пониженной скоростью, и тяжесть последствий снижается. Для установления наиболее опасных участков по графикам коэффициентов аварийности к частным коэффициентам аварийности вводят поправочные стоимостные коэффициенты тяжести, учитывающие возможные потери народного хозяйства от дорожно-транспортных происшествий.

За единицу дополнительных стоимостных коэффициентов принято среднее значение потерь народного хозяйства от одного дорожно-транспортного происшествия на горизонтальном прямом участке дороги с ровным сухим покрытием шириной 7 м и укрепленными обочинами. Остальные коэффициенты вычислены на основании данных об изменении средних потерь от одного дорожно-транспортного происшествия при различных дорожных условиях.

Коэффициенты тяжести  $m_1, \dots, m_n$  в зависимости от учитываемых факторов имеют для дорог в равнинной и слабохолмистой местности следующие значения:

Учитываемый фактор	Коэффициент тяжести	Учитываемый фактор	Коэффициент тяжести
Ширина проезжей части, м:		Мосты и путепроводы при высоте бордюра, см:	
4,5	0,7	< 30	2,1
6	1,20	> 30	1,4
7—7,5	1,0	Пересечения в одном уровне	0,7
9	1,4	Пересечения в разных уровнях	0,85
10,5	1,2	Населенные пункты	1,2
14	1,0	Число полос движения:	
15 с разделительной полосой	1,0	1	0,9
Ширина обочин, м:		2	1,0
< 2,5	0,85	3	1,3
> 2,5	1,0	4 и более	1,0
Продольный уклон, %:		Радиусы кривых в плане, м:	
> 30	1,4	< 350	0,9
< 30	1,0	> 350	1,0
Видимость в плане и продольном профиле, м:		Железнодорожные переезды	1,05
< 250	0,7	Деревья, опоры путепроводов на обочинах и разделительной полосе	1,50
> 250	1,0	Отсутствие ограждений в необходимых местах	1,4

Для каждого участка дороги итоговый коэффициент тяжести определяют как произведение частных коэффициентов  $M_T = m_1 m_2 \dots m_n$ . Коэффициент  $M_T$  вводят как поправку в значение итогового коэффициента аварийности при  $K_{итог} > 1,5$ .

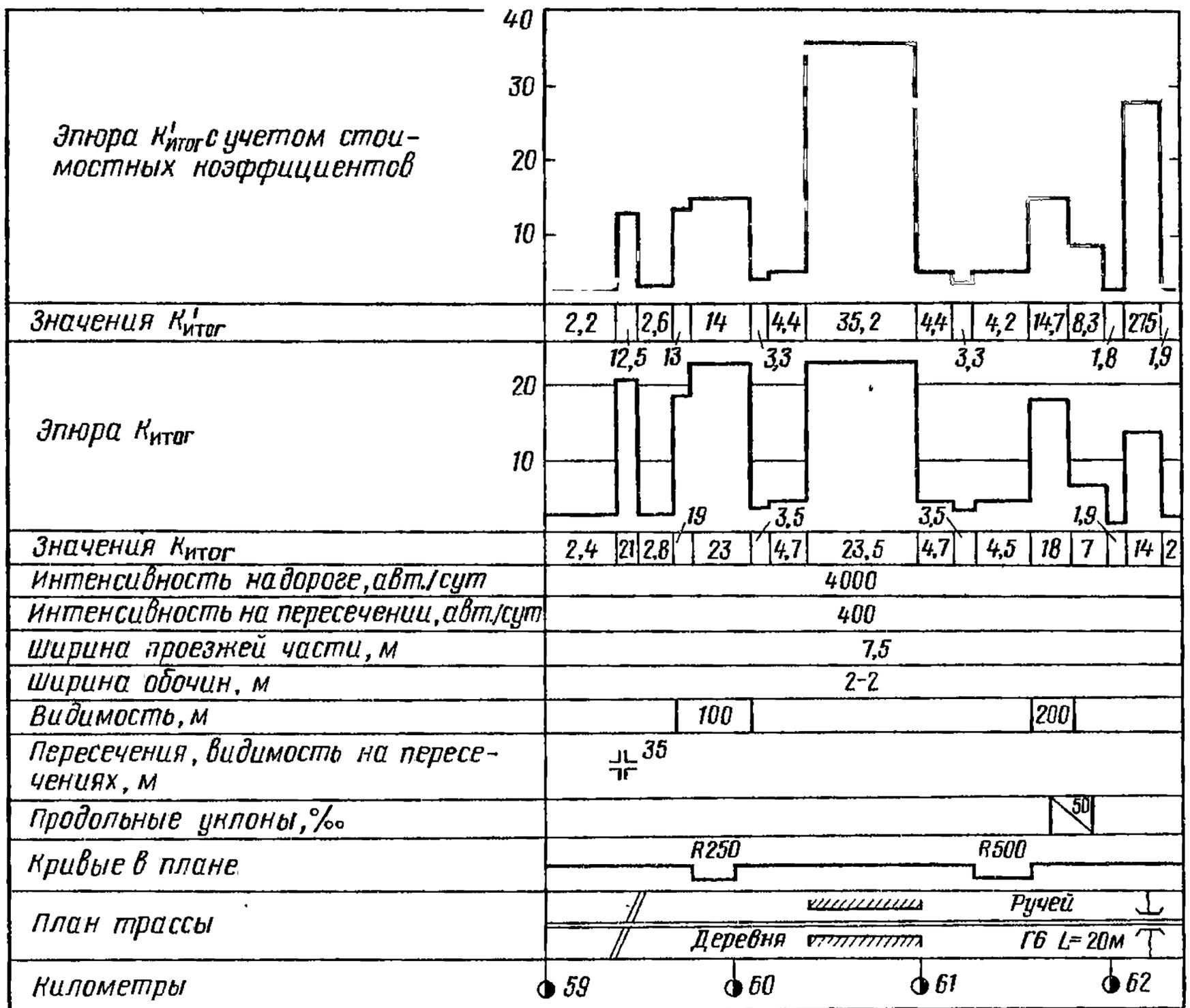


Рис. 8.6. Уточнение графика итоговых коэффициентов аварийности введением поправочных коэффициентов тяжести

В качестве примера на рис. 8.6 показаны совмещенные эпюры итоговых коэффициентов аварийности: построенная по обычному методу, к которой все значения коэффициентов близки, и уточненная введением стоимостных коэффициентов, учитывающая тяжесть происшествий. Уточненная эпюра свидетельствует, что первоочередными мероприятиями по повышению безопасности движения должны быть постройка обхода населенного пункта или как временное мероприятие, его оборудование путем устройства тротуаров, пешеходных переходов, а также увеличение габарита моста, что позволит снизить коэффициенты аварийности до допустимых значений. Это, однако, не освобождает дорожников от необходимости улучшения и тех участков, для которых коэффициент понизился при введении поправочных коэффициентов тяжести. Опасность их остается повышенной, так как на них также возможно большое количество происшествий, но с более легкими, чем на выделенных участках, последствиями.

Таким образом, введение стоимостных коэффициентов позволяет более полно оценить опасность каких-либо участков дороги и правильно назначить очередность их реконструкции.

### 8.3. Исправление продольного профиля и улучшение условий движения на подъемах и спусках

Участки дорог с большими продольными уклонами, значение которых может достигать 80—100‰, характеризуются большим количеством дорожно-транспортных происшествий, связанных с возрастанием взаимных помех автомобилей в транспортных потоках из-за различия в динамических качествах легковых и грузовых автомобилей, технического состояния и степени загрузки. Причинами происшествий на затяжных подъемах и спусках могут быть:

попытки обгона легковыми автомобилями грузовых автомобилей, медленно поднимающихся в гору на подъем, приводящие к столкновениям с встречными автомобилями. При этом они выезжают в верхней части подъема на полосу встречного движения в условиях недостаточной видимости на вертикальных кривых;

съезды с дороги автомобилей на спусках из-за порчи тормозов. По данным статистики почти 60% дорожно-транспортных происшествий, связанных с неисправностью автомобилей, вызваны отказом тормозов;

съезды с дороги на поворотах в нижней части спусков из-за превышения допустимой скорости на кривых перед мостами.

Существенное повышение безопасности движения на подъемах может быть достигнуто только дорогостоящими мероприятиями,

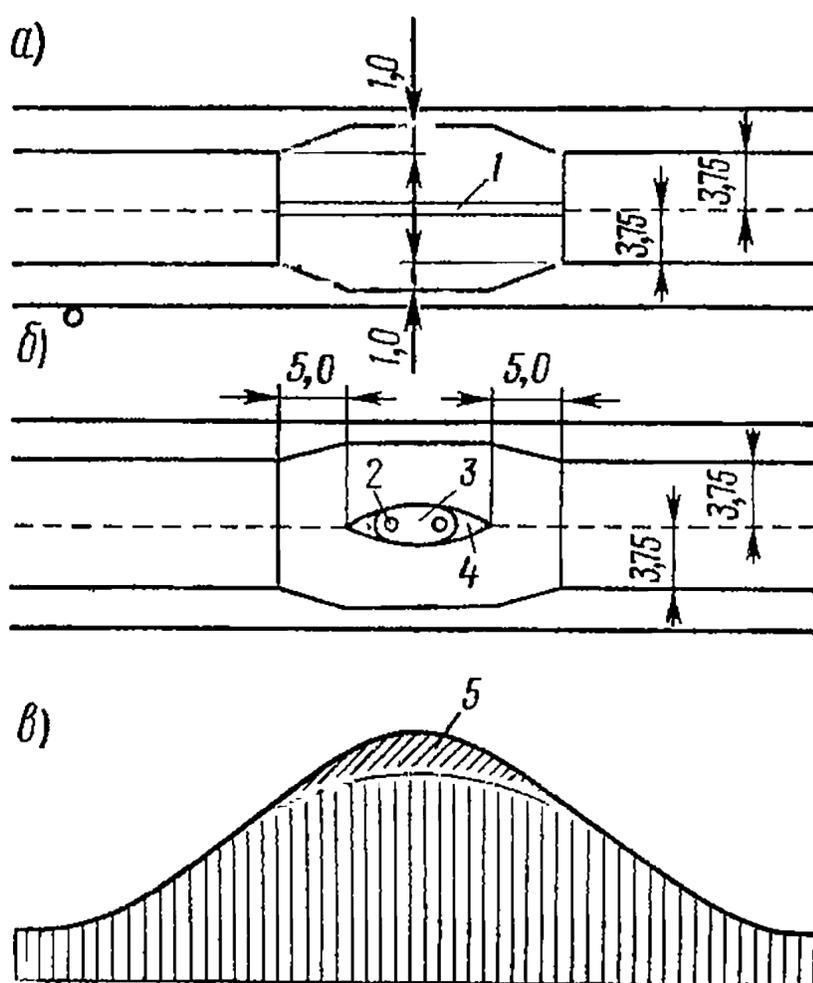


Рис. 8.7. Очередность проведения мероприятий по улучшению условий движения при ограниченной видимости в продольном профиле:

*а* — уширение проезжей части; *б* — устройство островка по оси проезжей части; *в* — увеличение радиуса вертикальной кривой;

*1* — осевая запрещающая обгон разметка; *2* — указатель «Объезд препятствия справа»; *3* — возвышающийся островок безопасности; *4* — разметка, выделяющая островок; *5* — срезаемая часть грунта при увеличении радиуса вертикальной кривой



Рис. 8.8. Дополнительная полоса на подъеме (на фото слева)

трудно осуществимыми в горной местности из-за невозможности закрытия движения по дороге во время производства работ. Таки-ми работами являются общее смягчение продольного уклона или увеличение радиуса выпуклых вертикальных кривых в верхней части подъемов в горной местности. Более доступны эти мероприятия на дорогах низших категорий старой проектировки, продольный профиль которых запроектирован по обертывающей линии и его исправление не потребует больших земляных работ. Для улучшения условий движения по дорогам III—IV категорий возможно стадийное (поэтапное) проведение в процессе ремонтов следующих мероприятий (рис. 8.7);

уширение проезжей части за счет обочин в верхней части подъема в пределах вертикальной кривой (при интенсивности 500—750 авт/сут);

устройство на кривых малых радиусов разделительного островка шириной до 1 м (при интенсивности до 1500 авт/сут);

увеличение радиусов вертикальных кривых в соответствии со скоростями движения.

Значительно улучшают условия движения на подъемах дополнительные полосы проезжей части для медленно движущихся грузовых автомобилей и автопоездов (рис. 8.8). При большом их проценте устройство полос оправдано на подъемах круче 30‰, так как повышается средняя скорость транспортного потока на 10—15 км/ч. Строительные нормы и правила предусматривают дополнительные полосы на дорогах I—III категорий при крутизне подъема более 30‰ на участках длиннее 1 км, а при уклонах более 40‰ — длиннее 0,5 км.

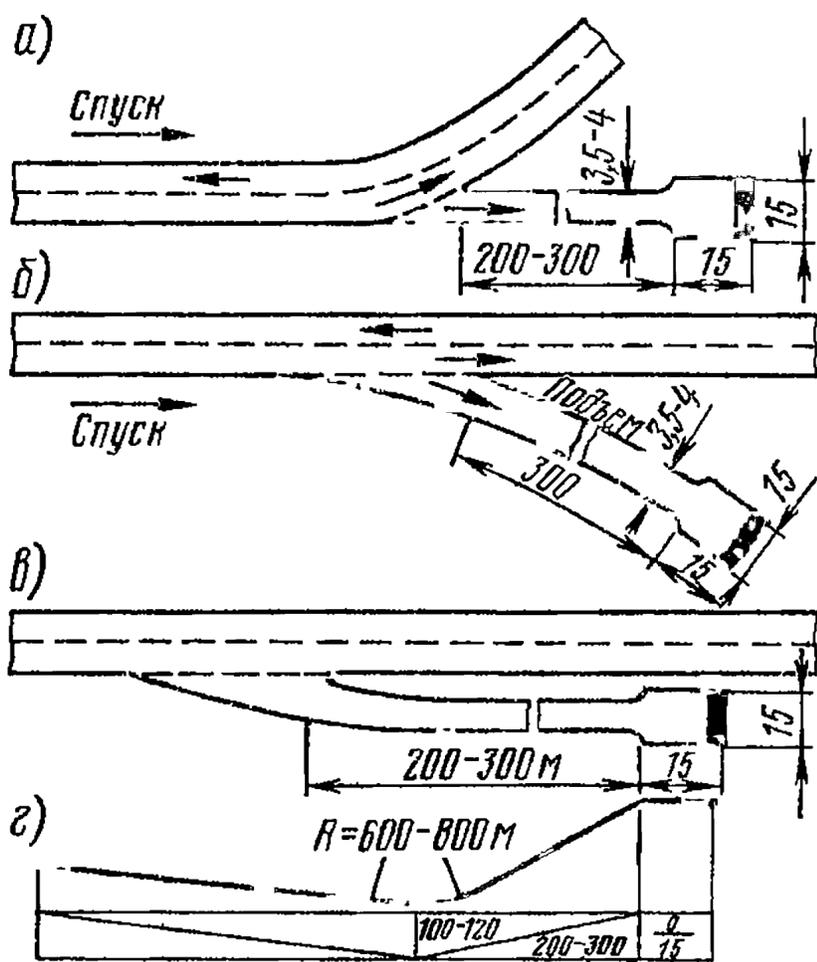


Рис. 8.9. Схема устройства аварийных съездов с дороги:

*a* и *б* - гравитационного типа; *в* — задерживающего типа; *г* — продольный профиль съезда гравитационного типа

Дополнительную полосу начинают за 50—100 м до начала подъема и продолжают за его окончанием не менее чем на 50 м, увеличивая в зависимости от интенсивности до 200 м при интенсивности 8000 авт/сут. У начала дополнительной полосы полезно устанавливать указатель «Левый ряд для обгона».

Считают, что устройство дополнительных полос на проезжей части на участках с крутыми уклонами уменьшает количество происшествий в 2 раза. При высокой интенсивности движения становится необходимым устраивать на дорогах с двумя полосами движения и вторую дополнительную полосу на съезде, так как полосу для идущих на подъем легковых автомобилей начинают использовать для обгона спускающиеся автомобили.

Для эффективности использования дополнительных полос обязательна разметка проезжей части, выделяющая сплошной линией полосу для движения на спуск и штриховой — полосы движения на подъем. У начала подъема на правой полосе покрытия наносят разметку, указывающую переход на дополнительную полосу.

Необходима установка предписывающего знака «Ограничение минимальной скорости», обязывающего перейти на нее тихоходные транспортные средства, а за ним — информационно-указательного знака «Дополнительная полоса».

На затяжных спусках следует предусматривать так называемые аварийные съезды или тормозные тупики, предложенные вначале на железных дорогах для улавливания оторвавшейся на подъеме хвостовой части поезда при разрыве сцепок. Для этого в начале затяжных и крутых подъемов строили ловушки-тупики с встречным подъемом длиной до 1 км, в который въезжала оторвавшаяся часть поезда. На автомобильных дорогах тупики устраивают в концевой и средней частях затяжных спусков. Они предназначены для автомобилей, у которых испортилась тормозная система.

Аварийные съезды бывают двух типов:

гравитационного, на которых торможение создается сопротивлением движению на подъем (рис. 8.9, *a*);

задерживающего, когда торможение создается повышенным сопротивлением движению по рыхлому материалу (рис. 8.9, б).

Аварийный съезд гравитационного типа представляет собой ответвляющийся от дороги, а лучше всего продолжающийся по ее направлению идущий на подъем тупик, при движении по которому расходуется кинетическая энергия скатившегося под уклон автомобиля.

В конце тупика располагают площадку с повышенным сопротивлением качению из вспаханного грунта, слоя песка или гравийной насыпки.

Аварийные съезды задерживающего типа располагают параллельно дороге. Торможение создается вспашкой грунта постепенно возрастающей глубины или насыпкой слоя легкого керамзитового гравия или песка, поддерживаемого в рыхлом состоянии периодическим боронованием. Эффективность этих полос зависит от погодных условий. В дождливое время увлажненный песок становится плотным, и колеса перестают в нем увязать. При наступлении морозов разрыхленный грунт замерзает, и лишь после выпадения толстого снегового покрова тормозящий эффект восстанавливается.

Требуемая длина аварийного съезда гравитационного типа может быть найдена приравниванием уравнения кинетической энергии въезжающего на съезд автомобиля к сопротивлению движения:

$$\frac{Mv^2}{2g} = \sum Mf_i l_i + \sum M i l_i,$$

где  $M$  — масса автомобиля, кг;  $f_i$  — коэффициент сопротивления движению;  $l_i$  — длина участка, м;  $i$  — продольные уклоны различных участков, выраженные десятичными дробями;  $g$  — ускорение свободного падения, м/с<sup>2</sup>.

Если исходить из средних значений  $f$  и  $i$ , то длина рабочей части аварийного съезда

$$L = v^2 / [2g (f + i)].$$

Длину рабочей части аварийного съезда задерживающего типа с максимальной глубиной вспашки можно определить приближенно по той же формуле, что и съезда гравитационного типа, вводя в нее коэффициент сопротивления движению с образованием колеи  $L = \zeta \sqrt{\frac{H}{D}}$ , где  $\zeta$  — характеристика деформируемости грунта, меняющаяся от 0 для пластичного грунта до 1 для рыхлого сухого грунта;  $D$  — диаметр колеса;  $H$  — глубина образующейся колеи, последнюю целесообразно определять путем пробных проездов автомобилей.



Рис. 8.10. Аварийный съезд в горной местности (на фотографии виден также участок дороги на кривой малого радиуса, брошенный при реконструкции дороги)

Для устройства аварийных съездов должны использоваться благоприятные участки рельефа (рис. 8.10).

#### **8.4. Улучшение условий движения по кривым малого радиуса в плане**

Улучшение условий движения по кривым малых радиусов может преследовать несколько целей — увеличение допустимой скорости движения для повышения безопасности и транспортных качеств дороги, более четкую организацию движения, устраняющую возможность заездов автомобилей на полосу встречного движения для увеличения радиуса траектории проезда кривой.

Скорость движения может быть повышена несколькими способами — увеличением радиусов кривой, устройством виража, в некоторых случаях — устройством срезок видимости (рис. 8.11).

Основной путь улучшения условий движения в кривых в плане и повышения безопасности — увеличение их радиуса исходя из условия снижения коэффициента поперечной силы до 0,10—0,12 при проезде с той же скоростью, что и на прилегающих участках, а также повышения расстояния видимости.

Не следует переоценивать эффективность устройства виражей как средства повышения допустимых скоростей движения. Психологически предрасполагая водителей к повышению скоростей, они эффективны лишь при сухой погоде и хорошем содержании дороги. Пыль, грязь, щебень-катун, снег, образуя прослойку меж-

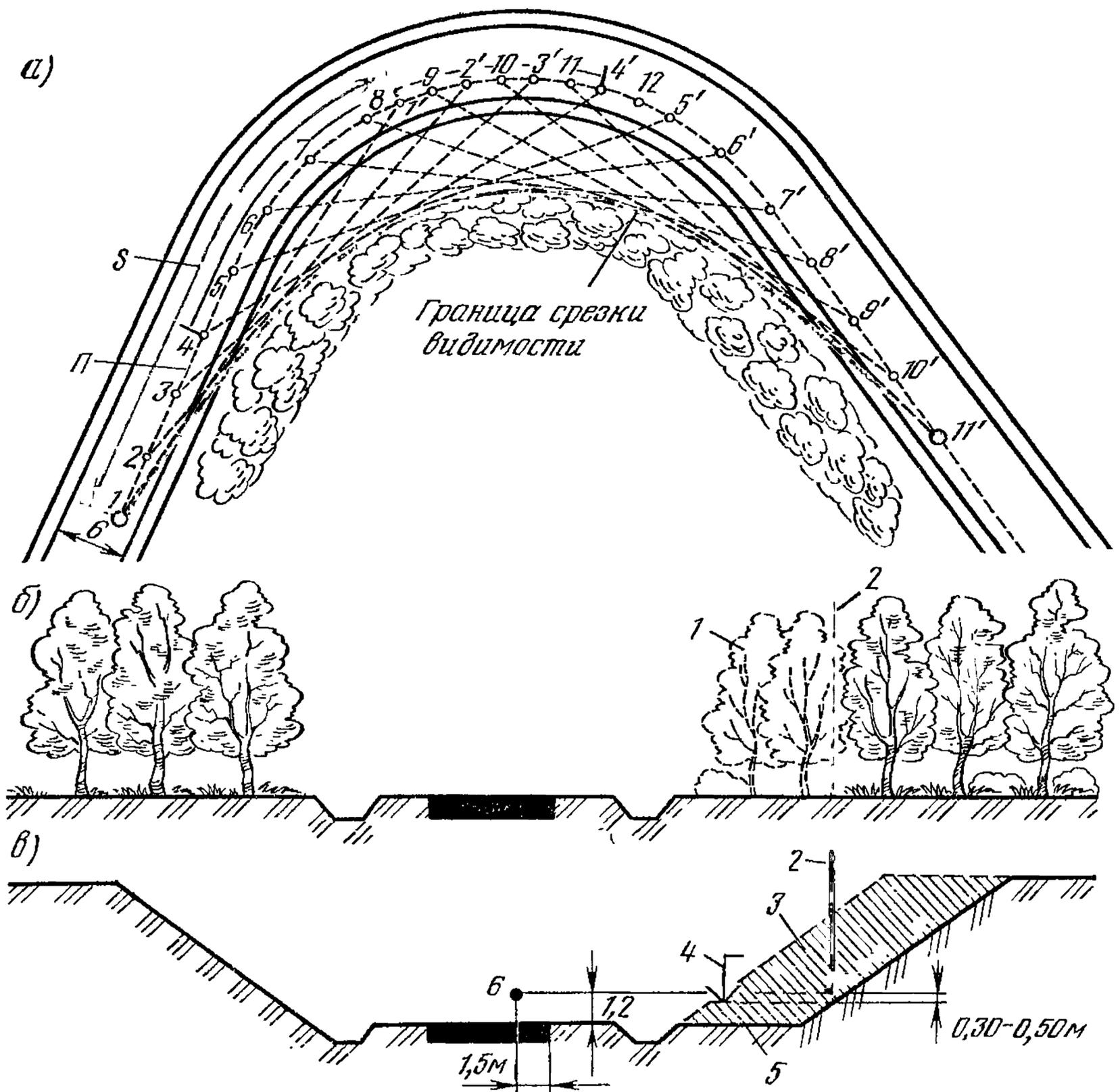


Рис. 8.11. Схема обеспечения видимости в кривых в плане:

а — графическое построение границ срезки видимости; б — граница вырубki леса; в — граница срезки в выемке; П — полоса движения автомобиля; В — ширина проезжей части; точки 1—12 и 1'—12' на рис. а указывают начало и конец отложенных по пути движения автомобилей расстояний S; 1 — расчистка для обеспечения видимости в лесу; 2 — граница зоны видимости; 3 — срезка в выемке; 4 — минимальный необходимый уровень срезки; 5 — наиболее целесообразный уровень срезки; 6 — положение глаза водителя

ду колесом и покрытием, снижают сцепление, поэтому нельзя придавать виражам поперечный уклон более 60—80‰, так как при гололеде медленно движущиеся транспортные средства могут сползать по покрытию под уклон.

При невозможности увеличения радиуса кривой или устройства срезки видимости единственный способ повышения безопасности движения — разграничение движения по направлениям, исключающее заезд автомобилей на полосу встречного движения путем устройства возвышающегося островка. Этот способ, повышая безопасность, не увеличивает скорость движения. На рис. 8.12

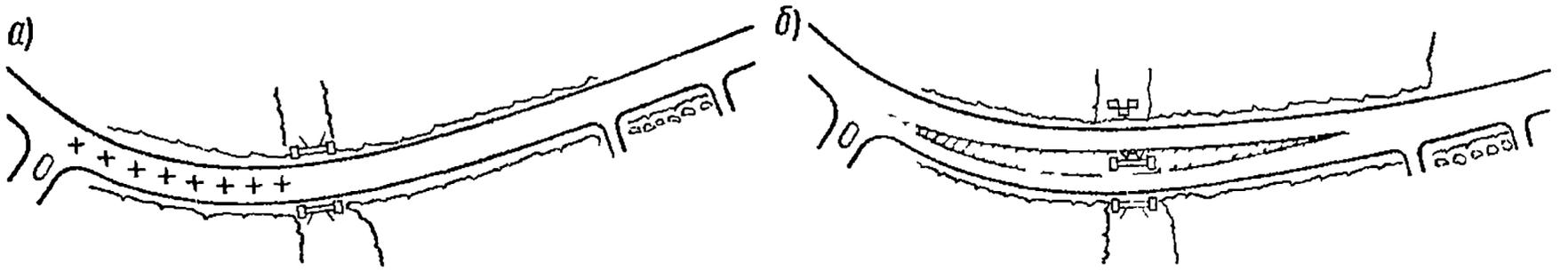


Рис. 8.12. Разделение движения на кривой по направлениям:

а — план дороги до реконструкции; б — то же после реконструкции (знаком «+» обозначено количество происшествий, знаком «О» — места их возникновения)

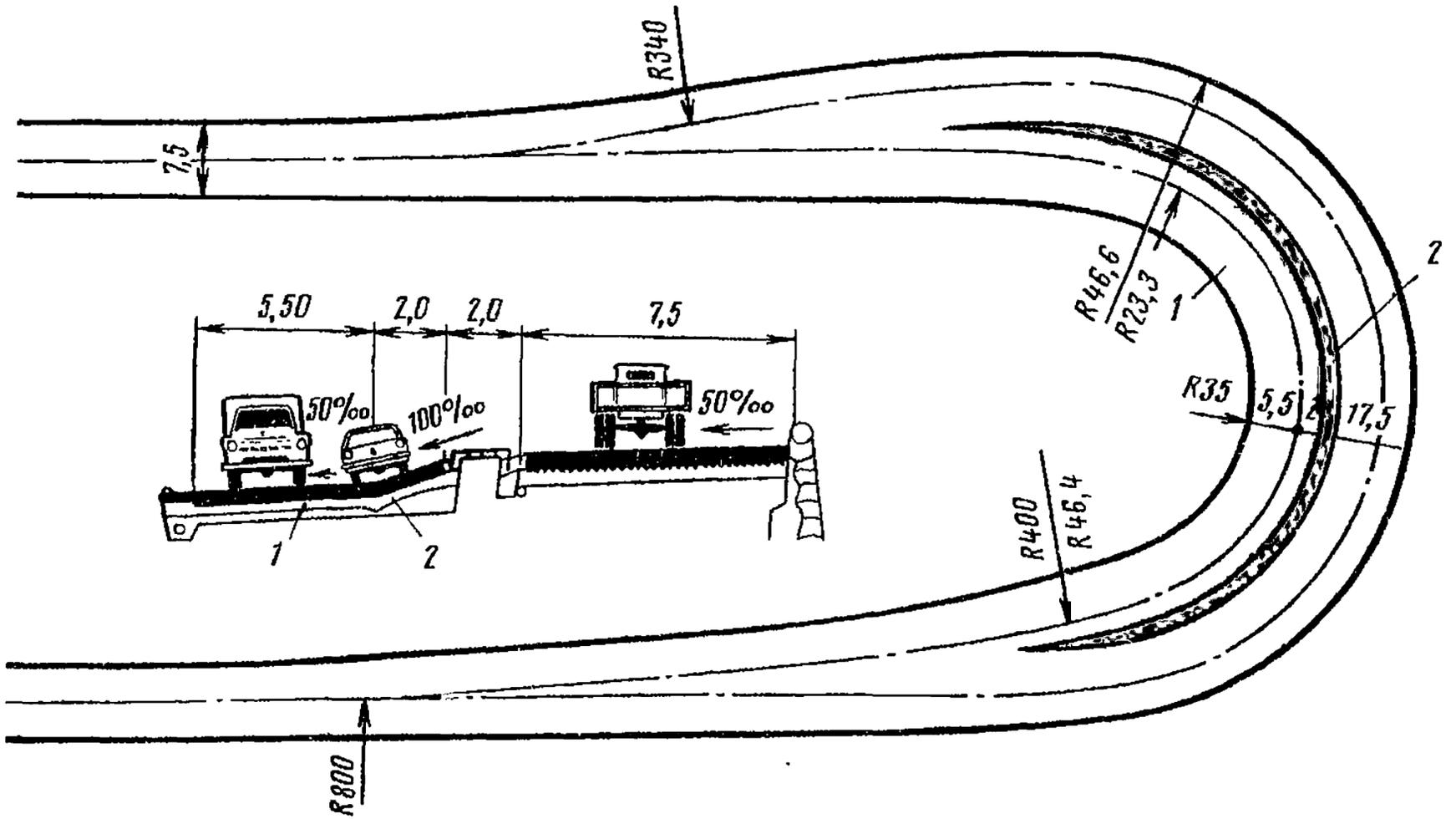


Рис. 8.13. Разделительная полоса на серпантине:

1 — основная проезжая часть; 2 — дополнительный вираж

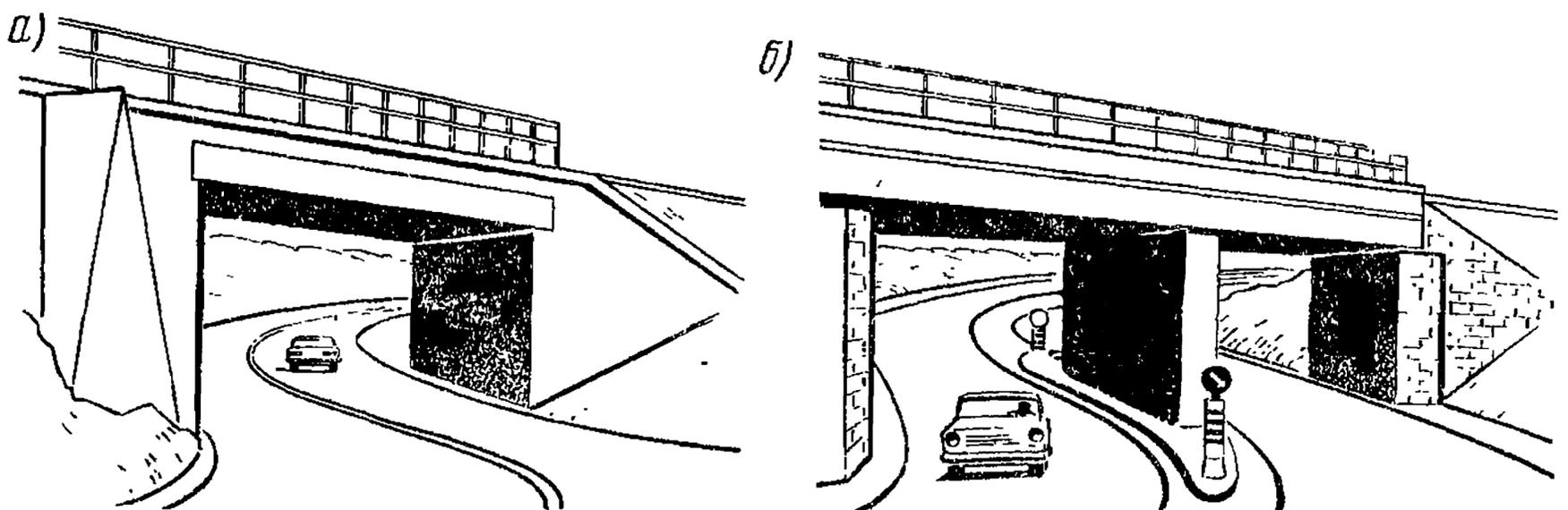


Рис. 8.14. Улучшение условий движения на участке пересечения с железной дорогой в разных уровнях:

а — до реконструкции; б — после реконструкции

показан пример исправления аварийного участка, где в кривой, расположенной за узким мостом, возникало большое количество дорожно-транспортных происшествий. После постройки рядом, на более низком уровне, второй проезжей части и разделения движения по направлениям участок стал безопасным. На рис. 8.13 приведен пример устройства разделительного островка на серпантине в Германии.

Четкое разделение полос движения эффективно и на S-образных участках дорог. На рис. 8.14 показано, как организация движения на пересечении с железной дорогой была существенно улучшена постройкой второго пролета железнодорожного путепровода и устройством разделительной полосы, которая устранила возможность ошибочного использования второго пролета, предназначенного для встречного движения.

Оригинальная конструкция виража с трехскатным поперечным профилем была предложена Т. А. Шилакадзе. Средней части на основном вираже придают уклон, соответствующий нормативам СНиП II.Д.5-85. На боковых частях, расположенных на обочинах, устраивают дополнительные полосы виражей шириной 1,2—1,5 м. Внешней полосе придают заложение 1:3, внутренней — 1:5 (рис. 8.15, а).

При проезде кривой грузовые автомобили, движущиеся с меньшей скоростью, используют основной вираж. Быстроходные автомобили проезжают вираж так, что внутренние колеса проходят по основному виражу, а наружные — по дополнительному. Водители интуитивно, по ощущению бокового усилия, выбирают такую траекторию движения, чтобы наклон автомобиля соответствовал скорости движения (рис. 8.15, б). При этом поперечный наклон автомобиля — эффективный уклон виража для расчета допустимой максимальной скорости движения

$$i_v = i_1 + \frac{x}{B} (i_2 - i_1),$$

где  $x$  — допустимое значение заезда колес на дополнительную полосу виража, м;  $B$  — колея автомобиля, м.

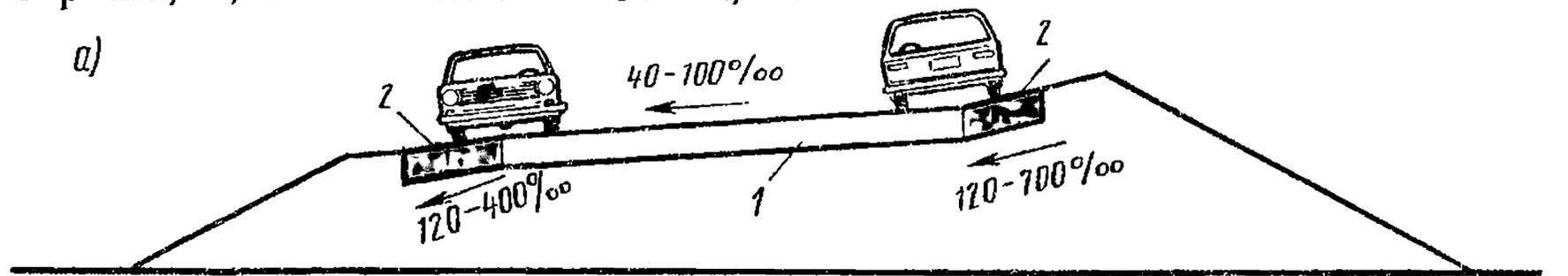
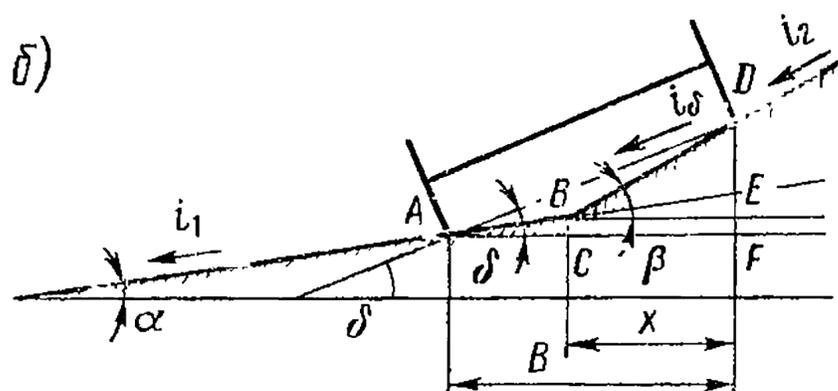


Рис. 8.15. Вираж с трехскатным поперечным профилем:

а — конструкция; б — схема для определения угла наклона оси автомобиля на вираже;  
1 — основная проезжая часть; 2 — дополнительный вираж



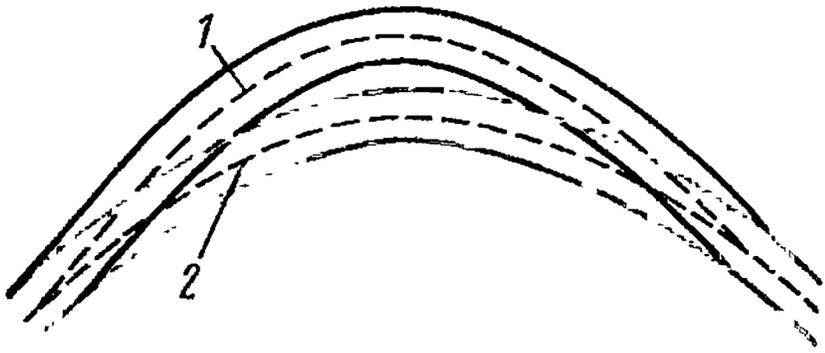


Рис. 8.16. Улучшение условий движения в кривой малого радиуса вписыванием проезжей части, очерченной по тормозной кривой или сопряженной клотоиде:

1 — круговая кривая; 2 — кривая из двух клотоид или тормозных кривых

Трехскатный вираж повышает безопасность движения не только увеличением эффективного поперечного уклона виража, но и увеличением зазора между встречными автомобилями из-за смещения их к краю проезжей части. Кроме того, наклоненная под большим углом внешняя боковая полоса виража служит дополнительной защитой от заноса автомобиля. При одинаковой скорости движения на ступенчатых виражах эмоциональная напряженность водителей ниже, чем на обычных, о чем свидетельствуют меньшие кожно-гальванические реакции и частота пульса, чем на обычных виражах.

При ограниченных возможностях увеличения радиусов кривых в плане условия проезда могут быть несколько улучшены путем вписывания в угол поворота не дуги окружности, а сопрягающихся клотоид, а лучше — тормозных кривых. Такое очертание трассы более соответствует режимам движения автомобилей по кривым в плане радиусом менее 600 м, которые водители обычно проезжают вначале с притормаживанием, а затем, после проезда середины кривой, с разгоном (рис. 8.16).

В горных местностях улучшение условий движения по кривым обычно бывает связано со значительными трудностями, так как требует проведения больших скальных работ, а в некоторых случаях и пробивки тоннелей. Наиболее доступным способом предотвращения столкновения встречных автомобилей является установка на крутых поворотах с недостаточной видимостью выпуклых зеркал, впервые предложенных в ЧСФР. Однако зеркала не организуют движения автомобилей. Наблюдения показали, что скорость автомобилей на кривых, оборудованных зеркалами, увеличивается до 30%, но при этом снижается устойчивость против заноса, а очень многие водители, убедившись, что в зеркале не видно встречного автомобиля, проезжают кривые с заездом на полосу встречного движения.

### 8.5. Перепланировка пересечений как средство повышения безопасности движения

На многих старых дорогах пересечения неудачно расположены или их планировка имеет дефекты — острый угол примыкания, не соответствующий направлениям потоков движения, или другие недостатки. Пересечения или сопряжения дорог под углом

менее  $25^\circ$  характеризуются повышенной опасностью, менее  $10^\circ$  — очень опасны.

В некоторых случаях при неудачной трассе и близком расположении кривых целесообразно перенести пересечение, как показано на рис. 8.17. Однако, несмотря на несомненное улучшение транспортно-эксплуатационных качеств дороги, значение работ такого рода недооценивается дорожными организациями. Затруднения связаны в настоящее время со сложностью дополнительного отвода земель.

Многие варианты неправильных схем планировки пересечений могут быть улучшены путем их незначительной реконструкции.

Если по направлению поворачивающей дороги с большей интенсивностью движения примыкает малонапряженный подъезд, целесообразно сместить точку примыкания. В случае, показанном на рис. 8.17, а, основной причиной происшествий являлась плохая видимость поворота главной дороги в пункт *М* и большой угол поворота из пункта *Л* направо. Следовавшие из пункта *В* автомобили слишком поздно обнаруживали поворот основной дороги налево. Запаздывание с маневром поворота приводило при скользком покрытии к заносам и столкновениям с автомобилями, поворачивающими направо из пункта *Л*. Для исправления таких участков дорог следует сместить примыкание в средней части кривой, увеличив ее радиус.

Второй пример аналогичного решения дан на рис. 8.17, б, когда пересечение, на котором встречаются два поворачивающих по-

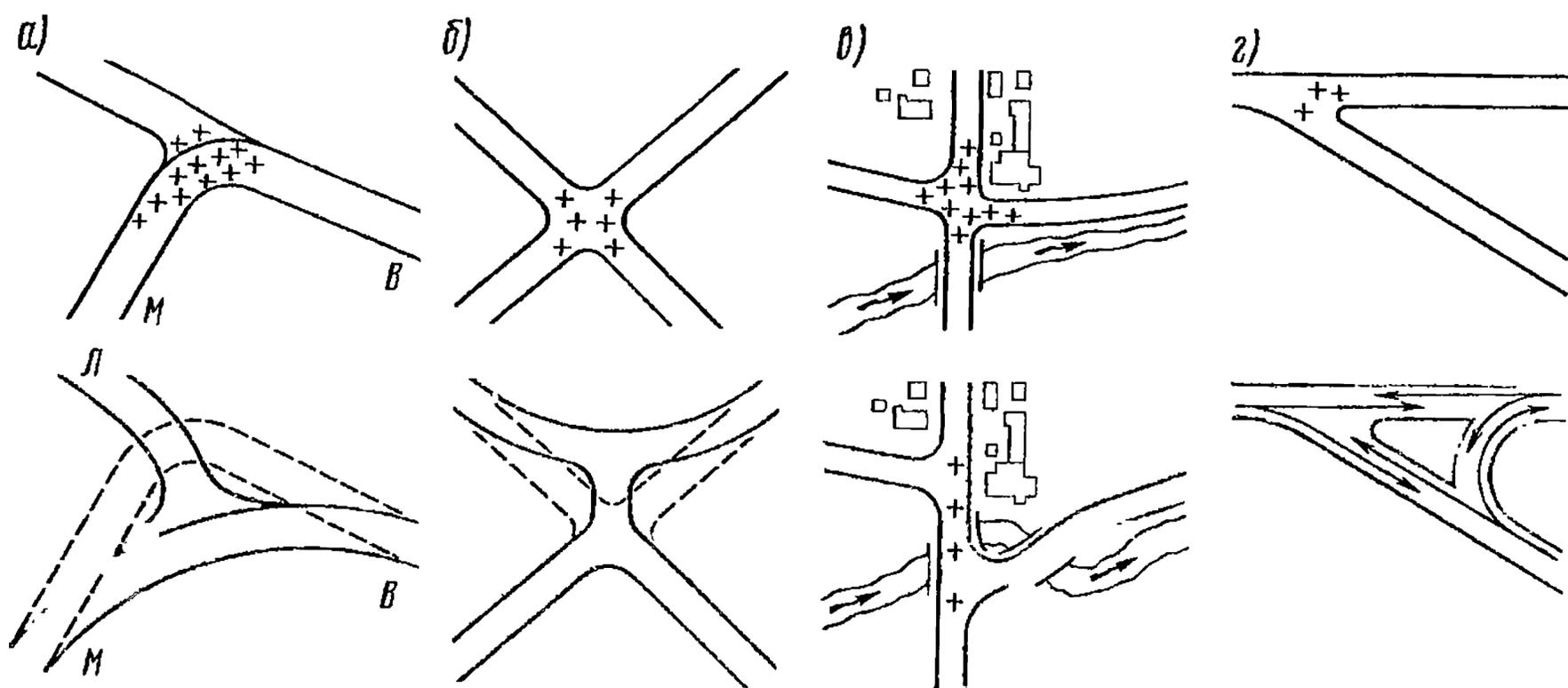


Рис. 8.17. Примеры дорожно-транспортных происшествий до и после реконструкции участков дороги с неправильным примыканием второстепенных дорог:

а — отделение направления главных потоков движения от второстепенных путем смещения места примыкания; б — то же путем разделения дорог с устройством между ними соединительной вставки; в — реконструкция пересечения в два примыкания г — устройство дополнительной полосы для поворачивающих автомобилей на примыкании под острым углом (вверху — пересечения до реконструкции, внизу — после реконструкции; крестиками показаны места дорожно-транспортных происшествий)

тока движения при незначительном количестве автомобилей, едущих прямо, было улучшено путем вписывания двух кривых, чтобы сделать прохождение перекрестка более удобным для транспортных потоков. Эти кривые были соединены перемычками для пропуска малоинтенсивных прямых потоков.

При преобладании потоков, поворачивающих с примыкающей дороги на главную, бывает целесообразно для повышения безопасности движения разделить перекрестки на два примыкания (рис. 8.17, в). В зависимости от преобладающих направлений поворота точки примыканий могут быть смещены как вправо, так и влево. По наблюдениям в Великобритании количество происшествий и смертельных исходов на перекрестках в этом случае уменьшается на 35—40%, что может быть объяснено уменьшением числа конфликтных точек при раздвигании мест примыкания. Размер смещения должен обеспечивать беспрепятственную возможность осуществления переплетения поворачивающих потоков с транзитными.

На пересечениях под острым углом при невозможности их коренной перепланировки единственным возможным решением является устройство специальных съездов для поворачивающих автомобилей (рис. 8.17, г). Радиус их должен быть не меньшим, чем принимается для правоповоротных съездов на пересечениях в разных уровнях.

## 8.6. Устройство пересечений канализированного типа

Одним из простейших способов реконструкции пересечений в одном уровне является их «канализирование» — четкое выделение на них полос движения для следующих в разных направлениях автомобилей и рассредоточение конфликтных точек пересечения траекторий движения автомобилей. На рис. 8.18 показаны примеры реконструкции пересечений дорог путем устройства разделяющих потоки движения островков (рис. 8.18, а), иногда с одновременным уменьшением свободной площади пересечения (8.18, б). Крестики на чертеже показывают общее количество пересечений, а не их места. Примером простейшего случая рационального разделения полос движения может служить несимметричное пересечение с улучшенными условиями правого поворота, разработанное в Транспортной и дорожно-исследовательской лаборатории Великобритании (рис. 8.19, а и б). Их пропускная способность в 1,5 раза выше, чем обычных, из-за возможности правого поворота автомобилей с большей скоростью.

Одной из причин дорожно-транспортных происшествий на некоторых существующих пересечениях в одном уровне была их избыточная площадь, дававшая возможность проезда по нескольким направлениям. В таких случаях для повышения безопасности

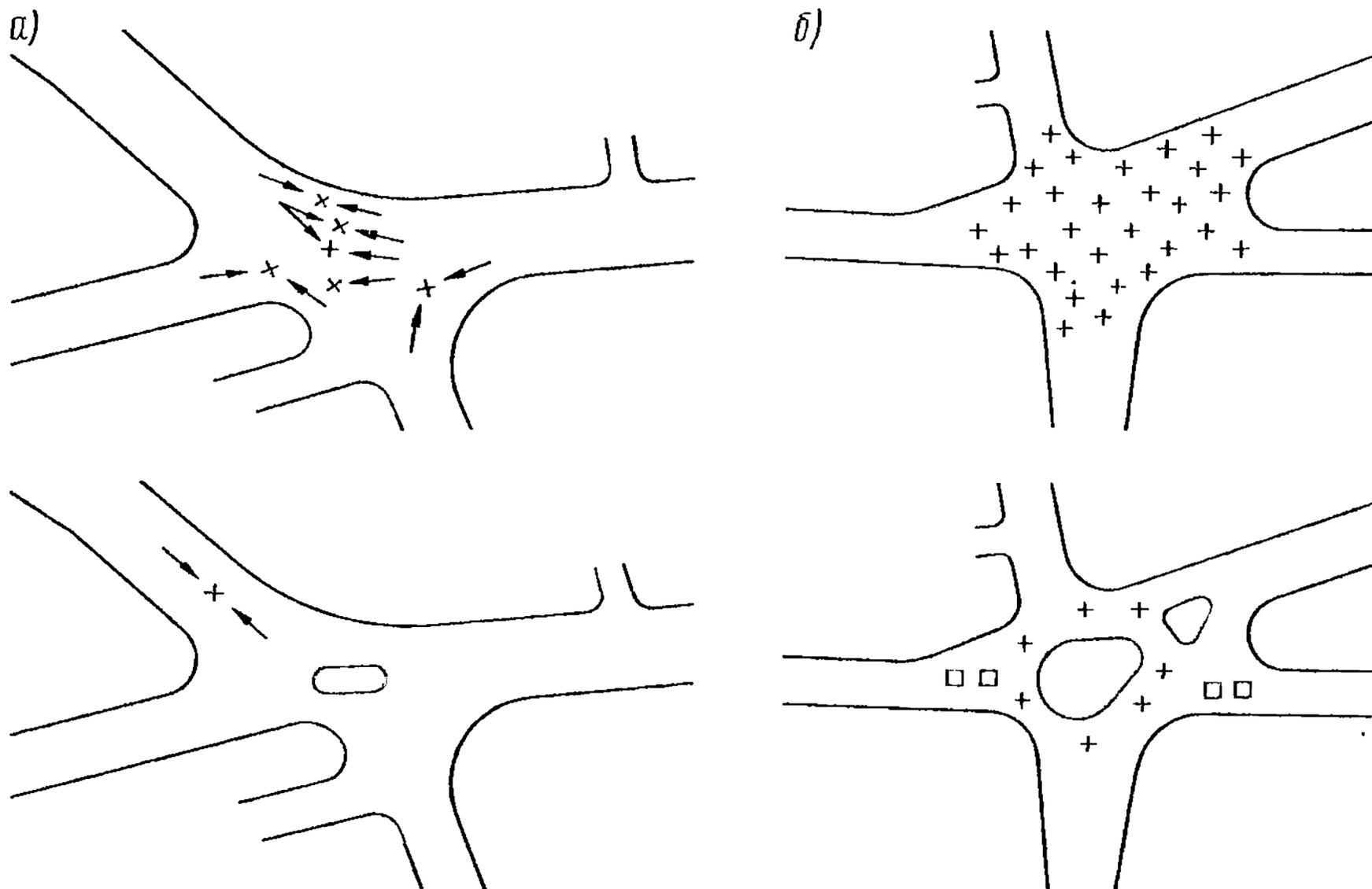


Рис. 8.18. Примеры реконструкции пересечений дорог

движения на основе анализа мест происшествий устраивали островки, препятствовавшие проезду через пересечение с повышенной скоростью и вынуждавшие водителей искривлять траекторию движения. По зарубежным данным устройство островков в подобных случаях уменьшает количество происшествий не менее чем в 1,5 раза. Эта же идея реализовалась в применяемых в Великобритании пересечениях с расположенными в их центре круглыми мини-островками, диаметр которых не должен превышать  $\frac{1}{3}$  диаметра круга, вписанного в контуры плана пересечения (рис. 8.19, в).

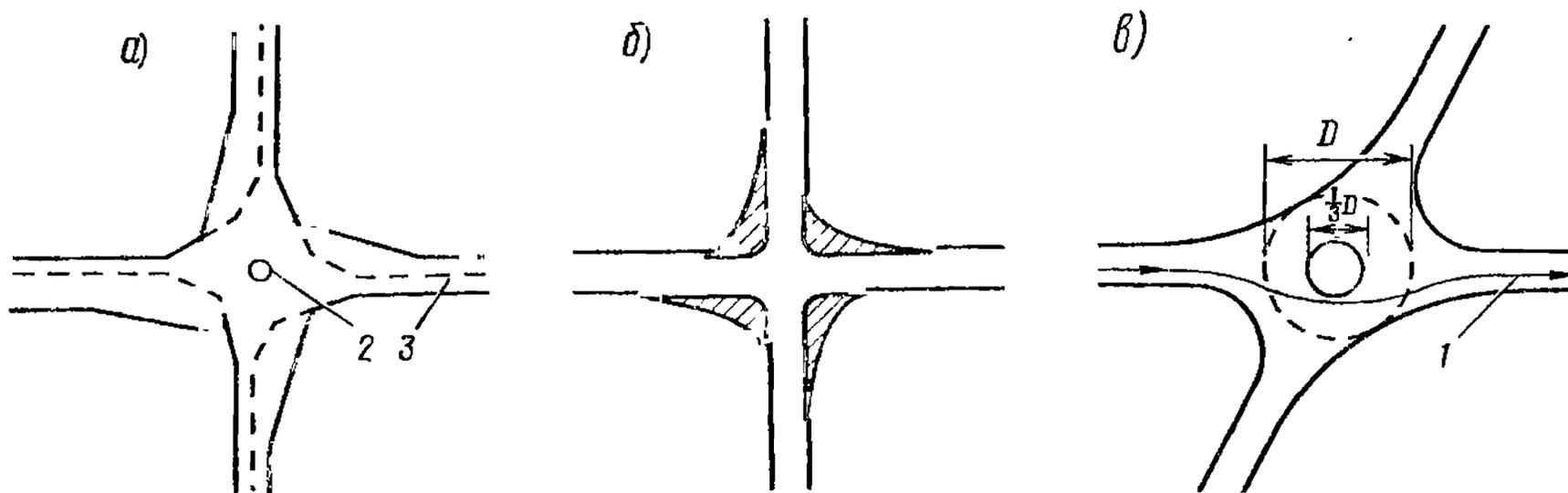


Рис. 8.19. Улучшение условий движения на пересечении в одном уровне:

а — конструкция несимметричного пересечения; б — увеличение площади покрытия на несимметричном пересечении; в — устройство островков малого диаметра; 1 — траектория проезда через пересечение; 2 — обозначение центра пересечения разметкой; 3 — линии разметки

На канализированных пересечениях полосы движения выделяют устройством разделительных островков. Островки лучше организуют движение, если они возвышаются над уровнем проезжей части, препятствуя движению в неправильном направлении. Однако в этом случае они создают затруднения для дорожных организаций, осложняя механизированную уборку с дороги пыли, грязи и снега. Поэтому их часто заменяют разметкой покрытия краской, что предполагает высокую дисциплинированность водителей. Канализирование бывает эффективным, только если точно соответствует удобным для водителей направлениям движения. Поэтому иногда предварительно изучают траектории движения. Места сосредоточения проходов колес могут быть легко установлены по размазанным колесами автомобилей по покрытию нанесенным полосам мела или извести. Хорошее представление о рациональном размещении направляющих островков дают следы от проезда автомобилей по свежесвыпавшему снегу.

Опыт эксплуатации канализированных пересечений позволяет сформулировать следующие принципы их планировки:

планировка должна четко выделять пути движения автомобилей, обеспечивая преимущество движения и возможно меньшее снижение скорости для транзитного движения по дороге с большей интенсивностью движения или большей народнохозяйственной значимостью;

в каждый момент времени планировка пересечения должна предоставлять водителю возможность выбора не более чем одного из двух направлений движения. Нужное направление должно подчеркиваться средствами зрительного ориентирования, расположением и очертанием направляющих островков и линий разметки;

количество островков должно быть минимально необходимым, так как пересечения с большим числом островков становятся неясными для водителей.

Островки и разграничительные линии разметки должны разделять при движении по пересечению транзитные и поворачивающие потоки, выделяя для них полосы движения, соответствующие плавному прохождению потоков движения через пересечение и их слияние (канализирование движения).

Планировка пересечения должна по возможности предусматривать удаление друг от друга конфликтных точек, хотя это и увеличивает площадь пересечения. При этом возрастают радиусы траекторий движения автомобилей, повышая транспортные качества пересечения.

Части площади пересечения, не используемые для пропуска транспортных потоков, должны быть выделены в резервную зону.

Островки должны прикрывать поворачивающие автомобили от автомобилей, движущихся по другим направлениям. Желательно, чтобы полосы движения для перехода с главной дороги

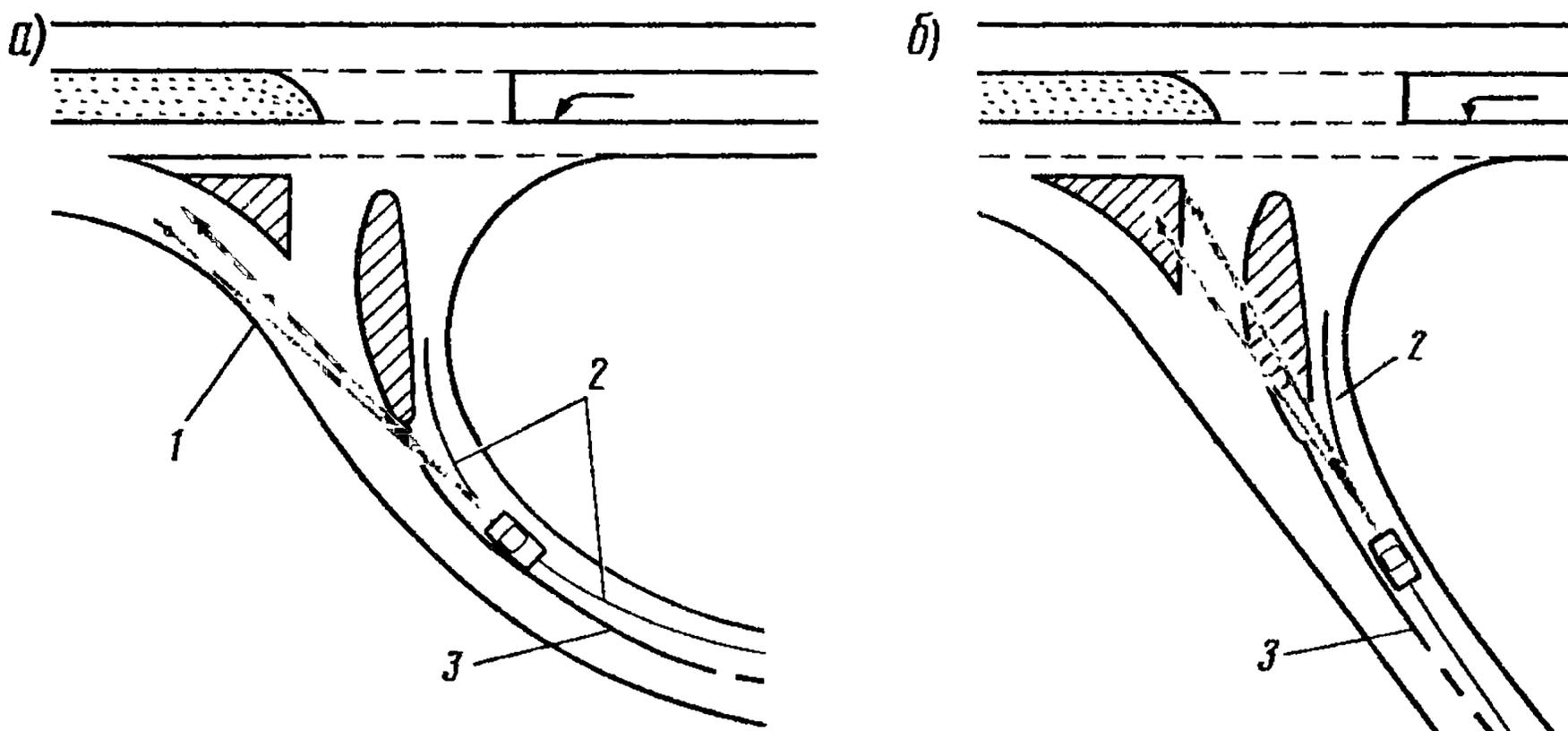


Рис. 8.20. Зрительное перекрытие неправильного направления движения островками:

*а* — водитель видит просвет между островками и может поехать по неправильному пути;  
*б* — ограничение проезда островком;

*1* — зона видимости полосы движения; *2* — траектория движения; *3* — сплошная осевая линия разметки

на второстепенную и наоборот обеспечивали плавное изменение скорости. Поэтому их следует описывать по кривым переменного радиуса, желательно по тормозной кривой с соответствующим сужением или расширением. Расположение островков должно зрительно перекрывать возможность их объезда слева по неправильному направлению (рис. 8.20).

Параметры расчетных траекторий движения по пересечению назначают с учетом скоростей движения на пересекающихся дорогах. Для транзитных автомобилей на основной дороге должна быть обеспечена та же скорость, что и на смежных участках дорог при отсутствии помех. Наиболее целесообразно, чтобы съезды с основной дороги обеспечивали возможность поворота со скоростью, соответствующей коэффициенту безопасности 0,9. На второстепенных дорогах скорость для правых поворотов не менее 30 км/ч, для левых — 15—20 км/ч.

При большом проценте автомобилей, осуществляющих повороты с основной дороги для ожидания ими возможности маневра на проезжей части, целесообразно выделять дополнительные переходно-скоростные полосы.

Применяемые типы островков показаны на рис. 8.21. Основными являются каплеобразные островки, определяющие траектории левых поворотов, и осевые островки на главной дороге, разделяющие движение и перекрывающие полосу для остановки автомобилей, ожидающих возможности поворота на второстепенную дорогу. Треугольные островки хорошо разделяют полосы право-

поворотного и прямого движения и направляют левоповоротные потоки.

Стороны треугольных островков не должны быть менее 3 м, каплеобразные вместе с продолжающей их разметкой проезжей части — 30 м. Возвышающиеся островки окаймляют скошенными бордюрами. Ширина полос движения на канализированных пересечениях должна обеспечивать беспрепятственный поворот больших автомобилей с прицепами и быть на прямых участках не менее 3,5 м, а у начала островков — не менее 4—4,5 м. Избыточная ширина полос движения нарушает его четкость.

При устройстве канализированных пересечений неправильно формально следовать решениям типовых проектов, без учета осо-

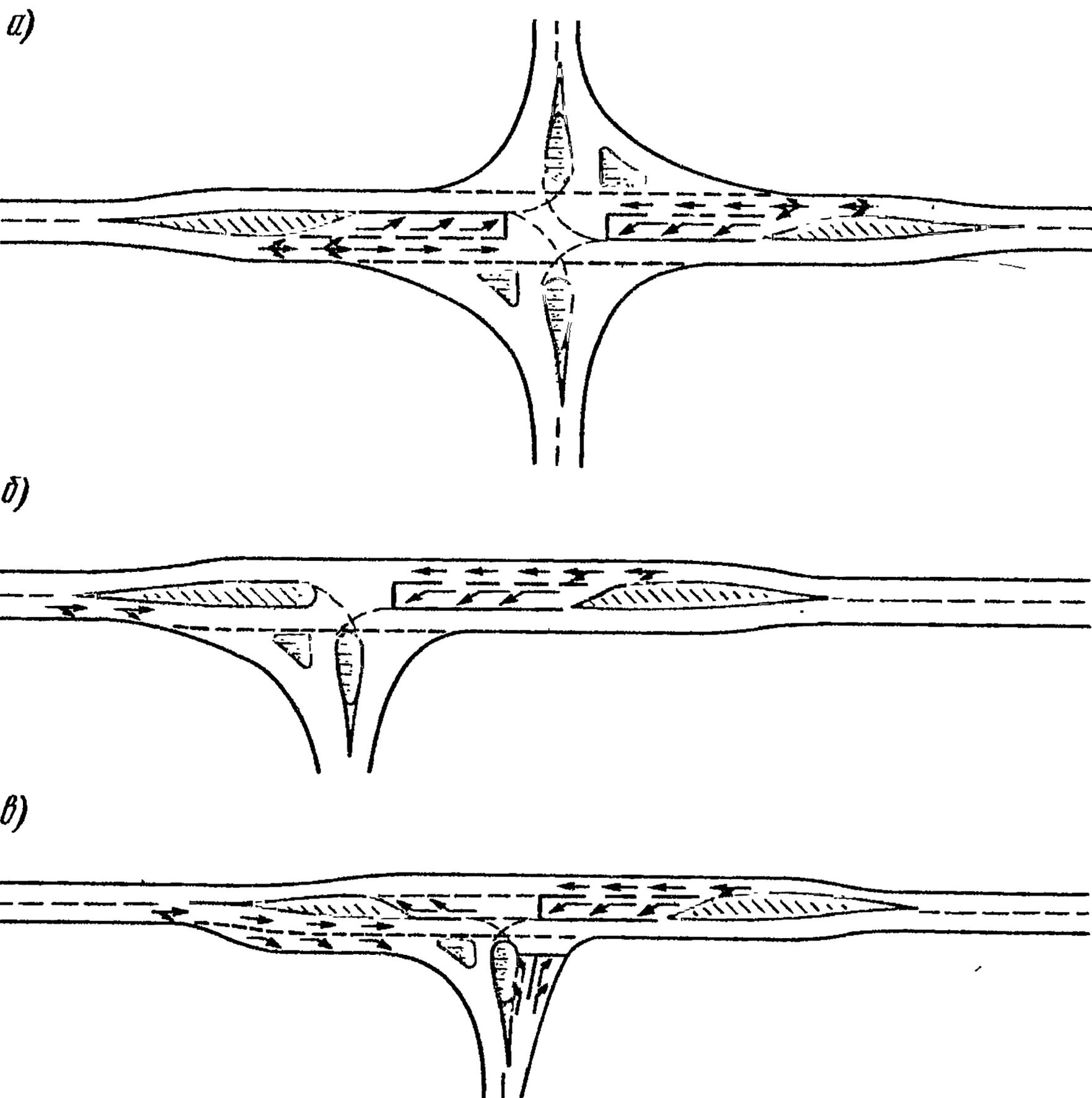


Рис. 8.21. Примеры канализированных пересечений и примыканий:

а — перекресток; б — примыкание; в — примыкание с переходной скоростной полосой

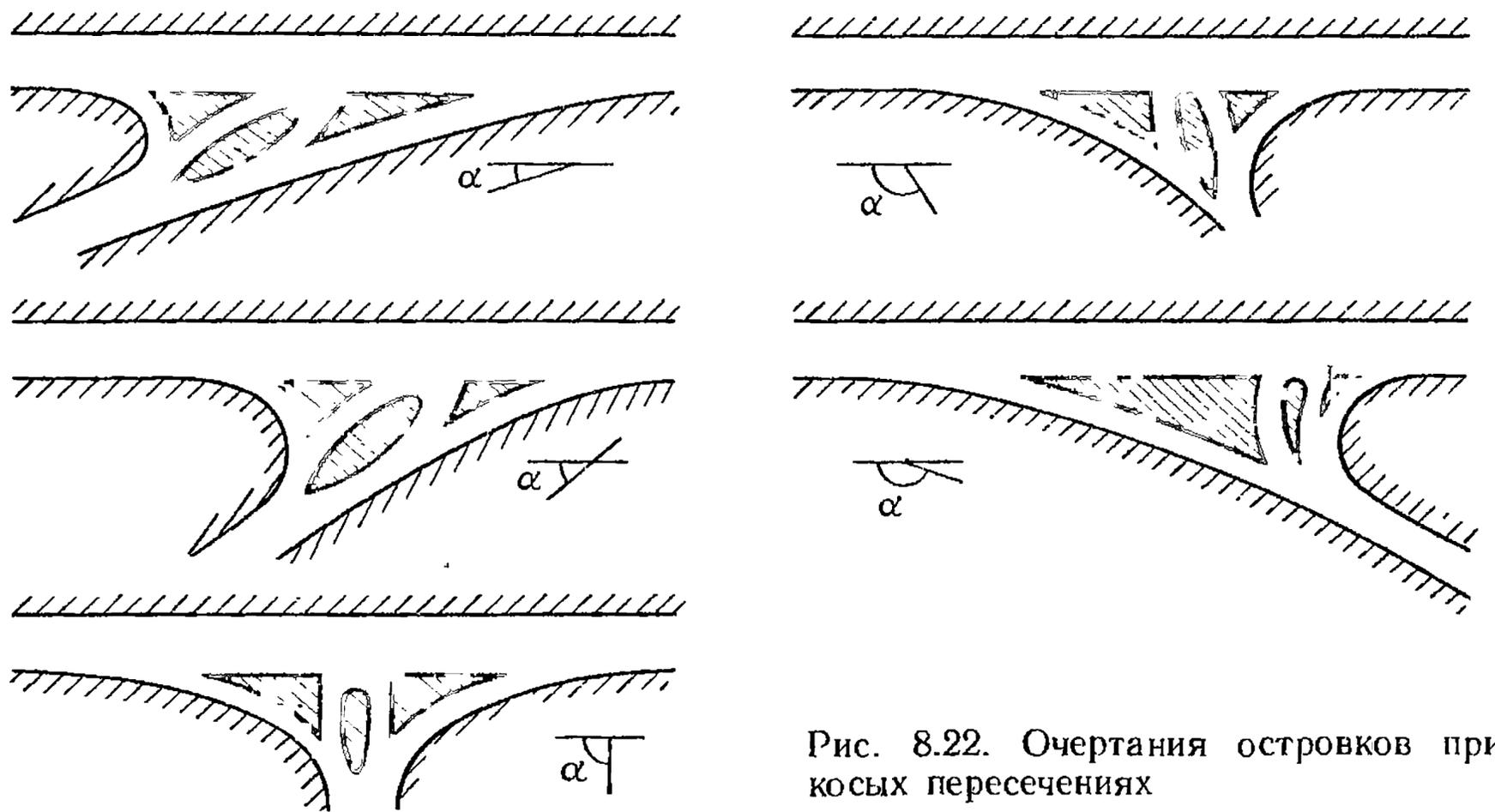


Рис. 8.22. Очертания островков при косых пересечениях

бенностей распределения транспортных потоков и их интенсивности. Большое значение для проектирования имеет значение угла пересечения дорог или примыкания второстепенной дороги к главной (рис. 8.22).

При разработке проектов канализированных пересечений очень важно использовать данные о дорожно-транспортных происшествиях на реконструируемом перекрестке.

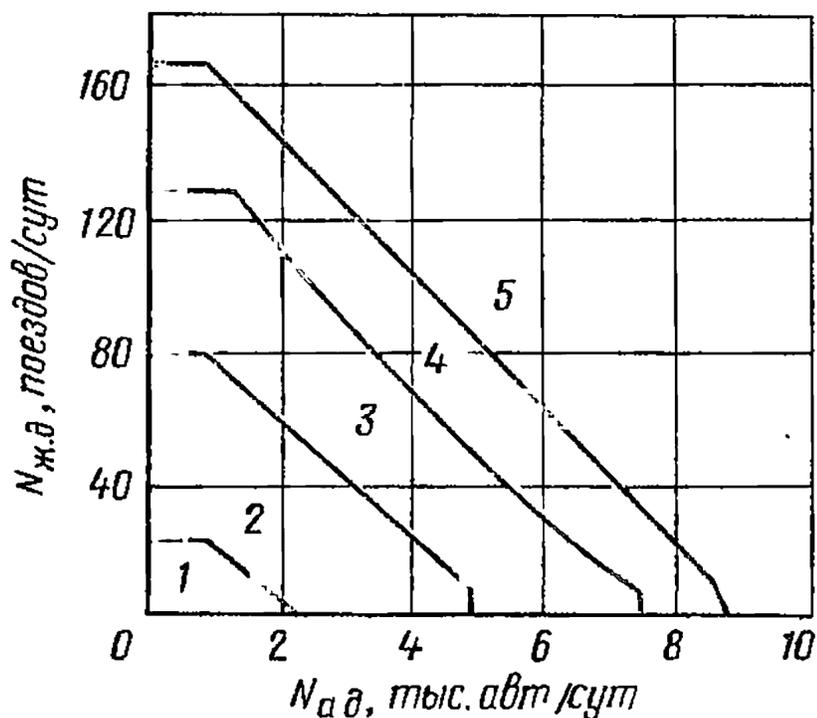
### 8.7. Оборудование железнодорожных переездов

Железнодорожные переезды в одном уровне — одни из опаснейших мест на автомобильных дорогах, в связи с тяжестью дорожно-транспортных происшествий и опасностью крушения поезда. Единственным путем эффективного обеспечения безопасности движения на переездах является постройка пересечений в разных уровнях. Тем не менее высокая стоимость таких пересечений, сложность их постройки в условиях интенсивного движения по железным дорогам еще на долгие годы обусловит существование переездов через железные дороги в одном уровне, даже на дорогах II—III категорий.

Требования к безопасности железнодорожных переездов сводятся к соблюдению следующих условий:

хорошая взаимная видимость приближающихся к переезду поезда и автомобиля, не меньшая, чем требуемая СНиП 2.05.02-85 (см. рис. 4.37);

пересечение под углом, близким к прямому. Недопустимы кривые малого радиуса в непосредственной видимости от переезда;



Рс. 8.23. График для выбора мероприятий по обеспечению безопасности движения через железнодорожные переезды:

1 — переезды, оборудованные дорожными знаками и разметкой проезжей части; 2 — переезды, оборудованные дополнительно автоматической светофорной сигнализацией и искусственным освещением; 3 — устройство дополнительных полос на автомобильных переездах и на подходах к ним; 4 — пересечения в разных уровнях без учета строительства временного объезда на период строительства; 5 — то же с учетом строительства временного объезда

ширина проезжей части на переезде на 0,5 м с каждой стороны бóльшая, чем на дороге, но не меньшая 7 м во избежание съезда колес с покрытия в междурельсовое пространство;

продольный уклон дороги у переезда, не превышающий 30‰.

Для оповещения водителей о приближении к переезду через железную дорогу используют ряд способов — установку знаков, световых мигающих сигналов, звуковой сигнализации, ручных и автоматических барьеров. Опыт показывает, что после проведения этих мероприятий число происшествий на неохраемых переездах уменьшается почти в 2,5 раза.

Относительное снижение количества происшествий на железнодорожных переездах при различных способах оповещения водителей по сравнению с установкой автоматического шлагбаума со светофорной сигнализацией характеризуется следующими значениями коэффициентов аварийности, определенных по данным статистики России и США:

Автоматический шлагбаум с автоматической сигнализацией . . . . .	1
Механизированный шлагбаум с оповещающей сигнализацией . . . . .	2
То же без сигнализации . . . . .	3
Ручной шлагбаум . . . . .	1,5
Мигающие световые сигналы . . . . .	1,5—3
Звуковые сигналы . . . . .	4
Искусственное освещение . . . . .	4,8
Установка дорожных знаков . . . . .	5—7,5

В зависимости от степени опасности переезда дорожные организации могут проводить следующие мероприятия: нанесение линий разметки на покрытие, повышение видимости переезда, установление знаков ограничения скорости в зависимости от дальности видимости приближающегося поезда:

Видимость, м . . . . .	50—100	100—200	200—400
Ограничивающие знаки «Движение без остановки запрещено» . . . . .	40 км/ч	50 км/ч	60 км/ч

Для выбора способа организации движения через железнодорожные переезды рекомендуется график (рис. 8.23), который указывает мероприятия в зависимости от суммарной интенсивности движения через переезд. График предусматривает приоритетные условия для железнодорожного транспорта с учетом значительных коэффициентов приведения поездов к автомобилям (от 40 до 18), тем более высоких, чем ниже интенсивность движения по автомобильной дороге.

### 8.8. Оборудование автомобильных дорог для обеспечения безопасности пешеходов

Значительное количество дорожно-транспортных происшествий с участием пешеходов на загородных участках дорог происходит в зоне автобусных остановок. Большинство этих происшествий связано с нарушениями пешеходами правил уличного движения. В 61% случаев пострадавшие выходили на проезжую часть из-за передней части автобуса, в 10% пытались перебежать дорогу перед приближавшимся автомобилем. На остановках, не оборудованных уширениями проезжей части, 11% происшествий было вызвано наездами на людей, ожидавших автобус стоя на обочинах. Все происшествия в зоне автобусных остановок характеризуются высокой тяжестью последствий. До 40% из них завершается смертельным исходом.

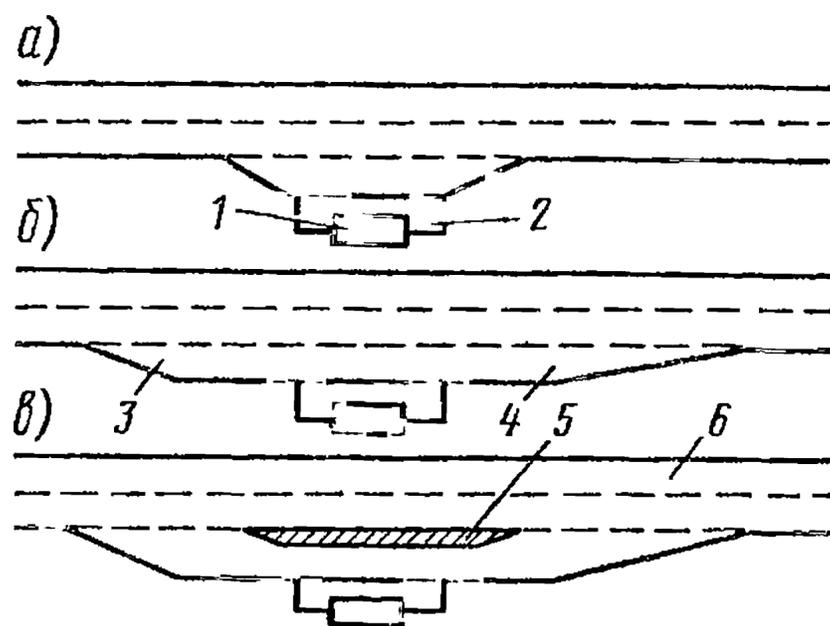
По строительным нормам и правилам автобусные остановки на автомобильных магистралях для дальних сообщений (категория Ia) должны устраиваться в стороне от проезжей части, на дорогах Ib — III категорий — на уширенной обочине, отдаляясь от проезжей части разделительной полосой (рис. 8.24). На практике дорожно-эксплуатационная служба, оборудуя остановочные площадки, часто ограничивается устройством покрытия на обочине, на которое заезжают останавливающиеся автобусы.

Наблюдения показывают, что при планировке таких «карманов» часто не учитывают реальные траектории движения авто-

Рис. 8.24. Схемы планировки автобусных остановок:

а — уширение обочины («карман»); б — уширение с переходно-скоростными полосами; в — то же с разделительной полосой;

1 — павильон для ожидающих пассажиров; 2 — посадочная площадка; 3 — тормозная переходно-скоростная полоса; 4 — разгонная переходно-скоростная полоса; 5 — разделительная полоса; 6 — линия разметки



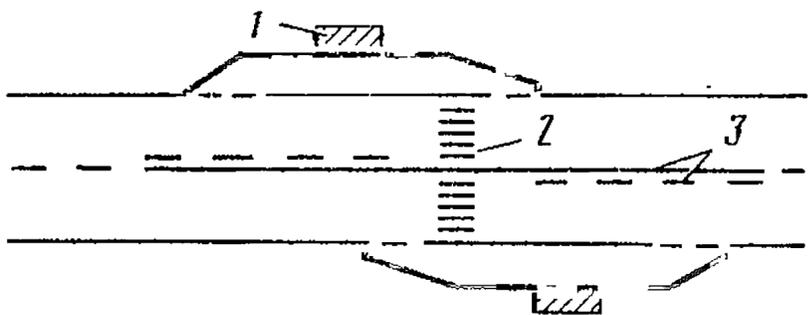


Рис. 8.25. Схема размещения автобусных остановок:

1 — павильон для ожидающих пассажиров; 2 — пешеходный переход по типу «зебра»; 3 — сплошная и штриховая разметки

бусов при въезде на уширение и на покрытии остаются неиспользуемые зоны. Часто устраиваемое уширение проезжей части бывает меньшим ширины автобуса. При остановке они вдаются в пределы проезжей части, создавая затруднения для движения. В среднем скорость транспортного потока в зоне влияния автобусных остановок снижается не менее чем на 10 км/ч. Наиболее рациональное отдаление остановочных площадок от полос движения возвышающимися островками, лучше всего покрытыми асфальтобетоном, в климатических условиях России встречает затруднения в связи с тем, что около них образуются отложения грязи и снега, которые не поддаются механизированному удалению. Поэтому места остановки отделяют от проезжей части только разметочными линиями.

Въезд на остановочную площадку не должен требовать крутого поворота с предварительным замедлением скорости. На дорогах с интенсивным движением для плавности въезда на остановку и выезда с нее необходимы переходно-скоростные полосы, рассчитываемые на среднюю скорость транспортного потока.

Автобусные остановки размещают на участках с уклоном не более 40‰, на прямых или в кривых в плане с радиусами не менее 1000 м для дорог I и II категорий, 600 м — III и 400 м — для дорог IV и V категорий. Для безопасности пешеходов, переходящих дорогу, автобусные остановки на дорогах I категории располагают одну против другой, соединяя освещаемым подземным переходом; на дорогах более низких категорий — смещают по ходу движения не менее чем на 30 м (рис. 8.25).

Автомобили, остановившиеся на обочинах, даже при большой их ширине, создают не только помехи для движения, но и опасность неожиданного выхода пешехода на проезжую часть. За рубежом на автомобильных магистралях с высокой интенсивностью движения разрешается остановка только лишь для ожидания автомобиля технической помощи. Это снизило на магистралях Западной Германии количество происшествий почти на 40%, а их тяжесть — на 75%.

В связи с опасностью длительной остановки автомобилей на обочинах для отдыха водителей и пассажиров оборудуют специальные площадки на придорожной полосе. Действующие в России нормы проектирования недооценивают их значения и предусматривают расположение их на большом расстоянии друг от друга: от 15—20 км на дорогах I—II категорий, до 40—50 км на дорогах IV категории. Эти расстояния слишком велики, и на придорож-

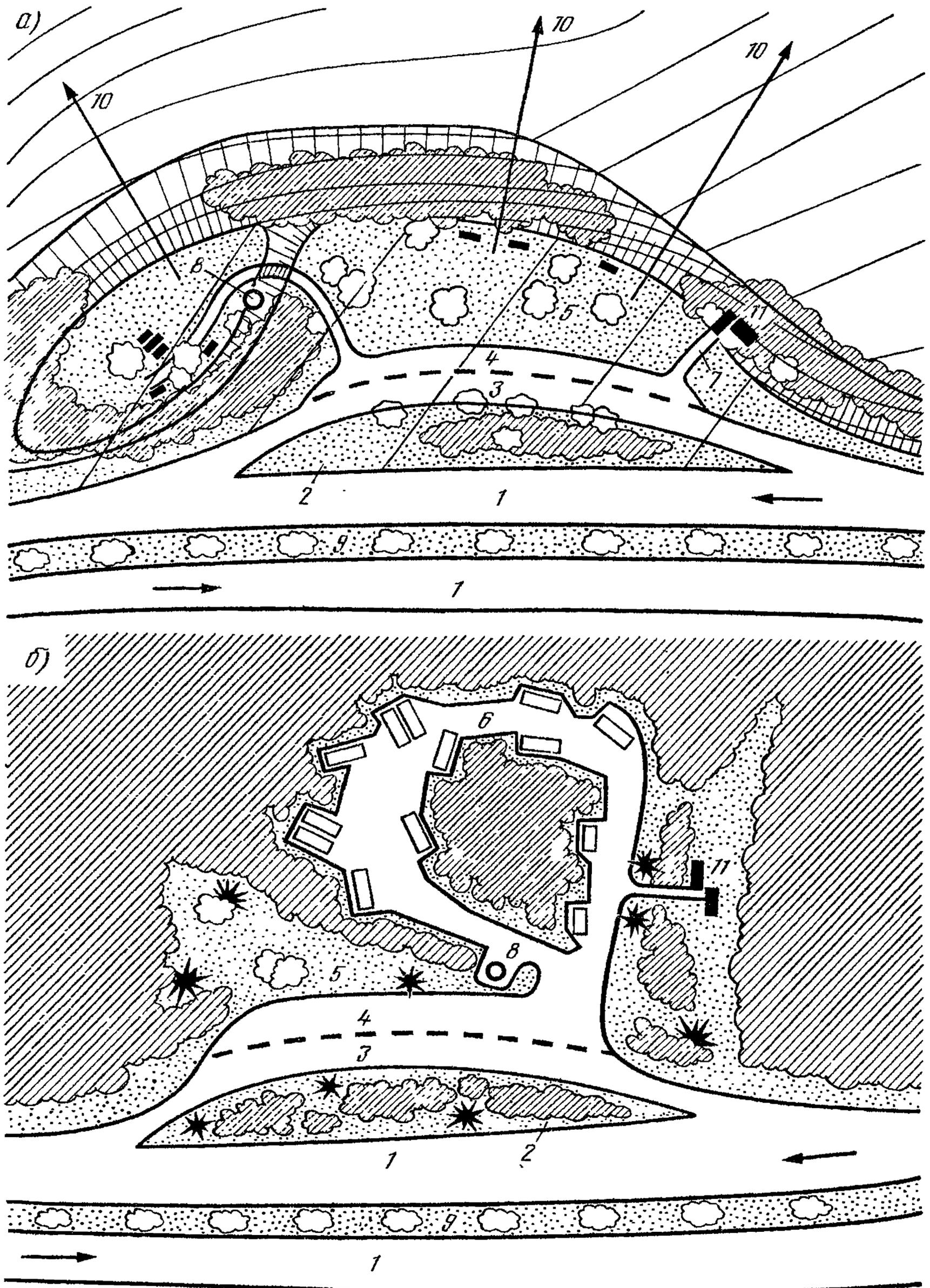


Рис. 8.26. Наиболее распространенные схемы площадок отдыха:

а — линейного типа; б — тупикового типа;  
 1 — основная дорога; 2 — разделительный островок; 3 — объездной путь; 4 — стояночная полоса; 5 — лужайка для отдыха; 6 — стоянка грузовых автомобилей; 7 — пешеходная дорожка; 8 — родник или колодец; 9 — разделительная полоса автомагистрали; 10 — направления обзора красивых видов; 11 — туалет и мусоросборник

ной полосе стихийно возникают необорудованные стоянки около водотоков, на лесных опушках и полянах и у придорожных насаждений, неудобные и приводящие к загрязнению местности.

Необходимость стоянок отдыха долго недооценивалась советскими дорожниками. При постройке в 50-х годах обходной московской кольцевой дороги протяженностью более 100 км площади отдыха вовсе не были предусмотрены. После того как они начали стихийно возникать на придорожной полосе, силами дорожно-эксплуатационных организаций пришлось оборудовать большое их количество. Практика эксплуатации автомобильных дорог выявила необходимость трех видов стояночных площадок:

для кратковременной остановки в целях осмотра автомобиля. В Великобритании и Болгарии устраивают на дорогах примерно через 500—700 м в шахматном порядке остановочные площадки, рассчитанные на два легковых автомобиля или на грузовой автомобиль с прицепом;

для сравнительно короткого отдыха и мелкого ремонта автомобиля, расположенные в стороне от дороги и отделенные от нее островками, засаженные деревьями и кустарниками. На площадке оборудуются места стоянки, зона отдыха с навесами от дождя и солнца, колодец или водопроводная колонка, мусорные ящики и туалет. Наиболее распространенная схема планировки таких площадок показана на рис. 8.26, а;

для более длительного отдыха около реки или водоема, планировку которых обычно решают индивидуально с учетом ландшафтных особенностей. Пример площадки с одним подъездным путем при кольцевой схеме движения приведен на рис. 8.26, б.

Планировка площадок отдыха должна удовлетворять требованиям экологии и безопасности движения. Сосредоточение в местах отдыха большого числа людей делает необходимым проведение защитных мер против загрязнения прилегающей местности отбросами. Необходимо достаточное количество мусорных урн и мусоросборников и туалетов. Обеспечение безопасности движения в районе площадок отдыха достигается устройством переходно-скоростных полос, исключающих возможность непосредственного выезда автомобилей с площадки отдыха на полосу проезжей части, на которой происходит движение, удалением от дороги зоны отдыха и наличием островка, препятствующего выходу пешеходов на проезжую часть.

## **8.9. Велосипедные дорожки**

В послевоенный период все более широкое распространение получило велосипедное движение в населенных пунктах и на примыкающих к ним участках дорог. Наличие на дорогах велосипедистов значительно снижает безопасность движения. Правила

дорожного движения требуют, чтобы велосипедисты ехали цепочкой, не далее 1 м от края покрытия. Этим узаконивается уменьшение проезжей части не менее чем на 1,5 м даже при движении велосипедистов только в одну сторону. Фактически расстояние проезда меняется от 0,20 до 2,5 м, стесняя условия движения автомобилей и подвергая велосипедистов серьезной опасности. Средняя скорость транспортного потока при этом снижается на 10—20 км/ч. Наезды на велосипедистов отличаются большой тяжестью. В 40% случаев в них виноваты автомобилисты, в 45% — сами велосипедисты. До 30% потерпевших погибают, а остальные получают тяжелые ранения. Количество происшествий зависит от интенсивности движения автомобилей и велосипедистов (рис. 8.27).

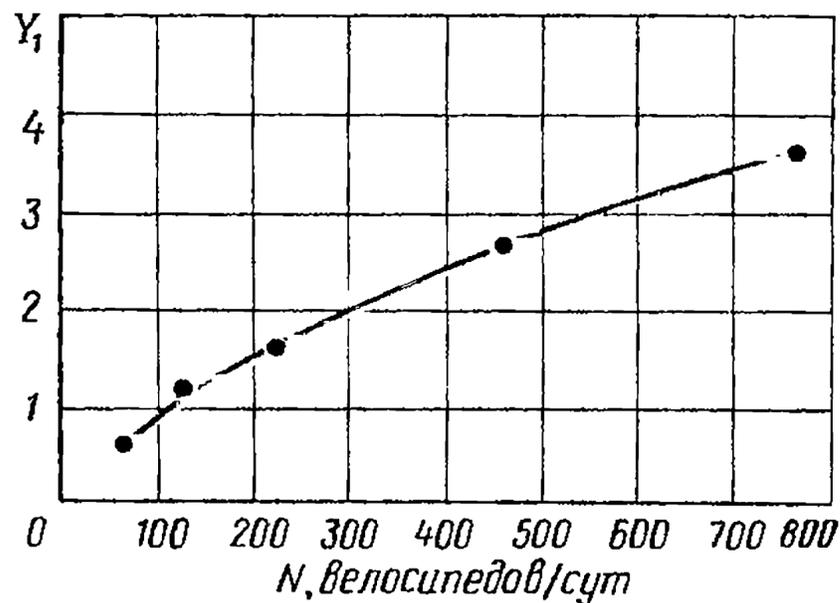


Рис. 8.27. Зависимость числа дорожно-транспортных происшествий на 1 млн авт-км от интенсивности движения велосипедистов

Большинство происшествий с велосипедистами сосредоточивается в населенных пунктах и на подходах к ним, уменьшаясь по мере удаления:

Расстояние от населенных пунктов, км . . . . .	0	1—2	3—4	5—6	7—8
Количество происшествий в год, % от общего количества . . . . .	52	19	15	10	4

В районах с большим количеством велосипедистов основным средством устранения происшествий является строительство велосипедных дорожек.

Строительные нормы и правила предусматривают постройку параллельных дорогам велосипедных дорожек в зависимости от соотношения между интенсивностями движения автомобилей и велосипедистов (рис. 8.28).

За рубежом, учитывая полезность развития использования велосипедов как экологически чистого и полезного для здоровья транспортного средства, при определении расчетных интенсивностей движения вводят в их количество увеличивающие поправочные коэффициенты:

Количество грузовых автомобилей, % . . . . .	5	5—10	10—15	15
Поправочный коэффициент . . . . .	1	1,2	1,4	1,5
Количество велосипедистов моложе 15 и старше 65 лет . . . . .	10	20—40	60—80	—
Поправочный коэффициент . . . . .	1	1,4	1,8	—
Ширина проезжей части, м . . . . .	6,5—7	7—7,5	7,5—8	—
Поправочный коэффициент . . . . .	1,3	1,1	1	—

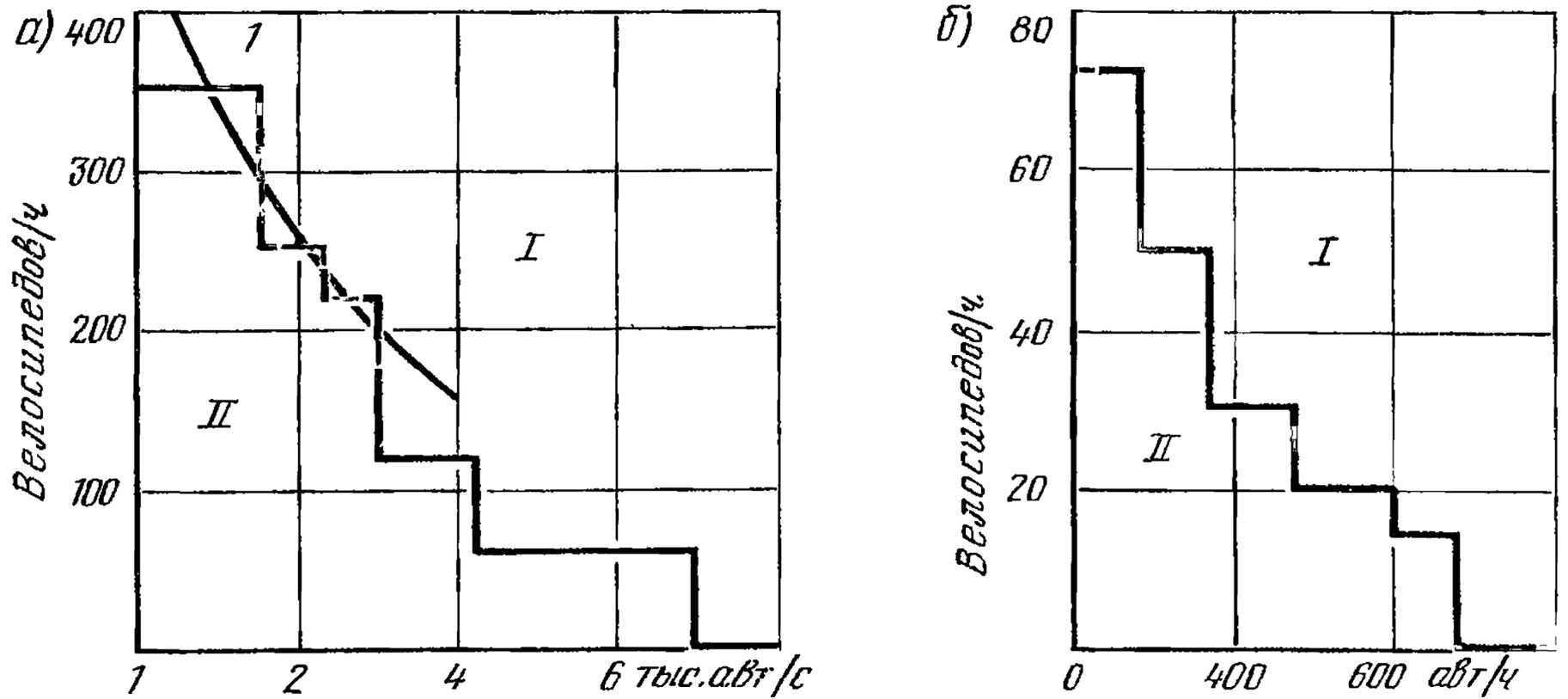


Рис. 8.28. График для определения необходимости устройства велосипедных дорожек:

*a* — суточные интенсивности движения; *б* — интенсивности движения авт/ч;  
*I* — велосипедные дорожки необходимы; *II* — велосипедные дорожки не нужны; *1* — кривая из графика, используемого в Нидерландах

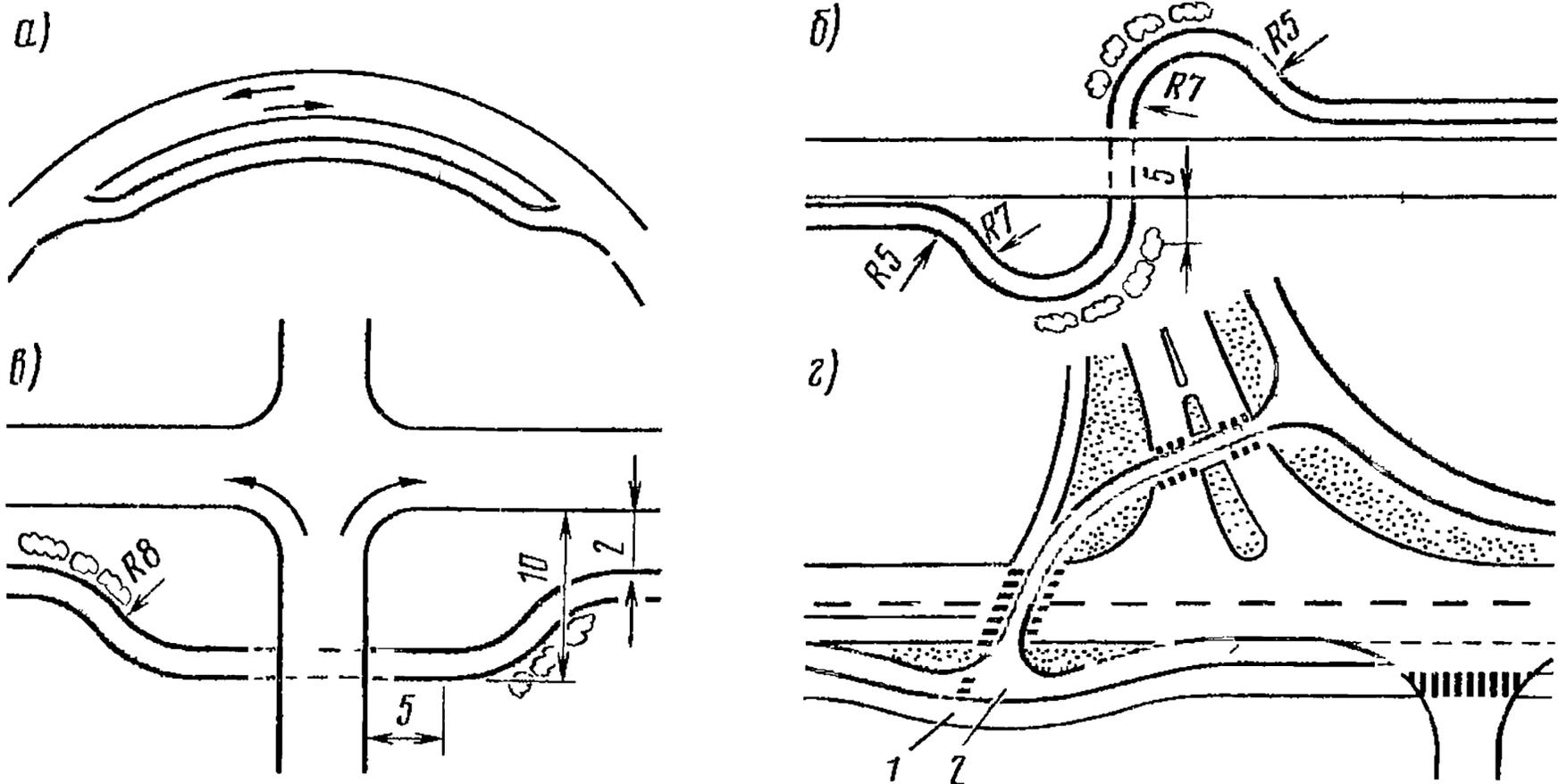


Рис. 8.29. Схемы расположения велосипедных дорожек:

*a* — в кривой; *б* — переход велосипедной дорожки с одной стороны дороги на другую;  
*в* — на пересечении дорог в одном уровне; *г* — на примыкании дороги;  
*1* — тротуар; *2* — велосипедная дорожка

Интенсивность велосипедного движения снижается по мере удаления от населенных пунктов тем быстрее, чем меньше численность их населения:

Численность населения, тыс. чел. . . . .	< 25	50—100	100—250	250—500	> 500
Необходимая длина велосипедных дорожек, км . . . . .	1 3	6—8	8—10	10—15	15

Наиболее целесообразно располагать дорожки за пределами дорожного полотна, у подошвы насыпей и за откосами выемок. На пересечениях с другими дорогами велосипедную дорожку следует отдалять от перекрестка (рис. 8.29), допуская совмещение с тротуаром. На подходах к большим мостам допустимо устройство велодорожек на обочинах, поскольку из-за больших продольных уклонов большинство велосипедистов проходит их пешком, ведя велосипед рядом. При устройстве выделенных велосипедных полос на проезжей части их выделяют разметкой, надписью на покрытии и обозначают установкой дорожных знаков.

Нормы на проектирование велосипедных дорожек, приведенные в СНиП 2.05.02-85, ориентированы на высокую интенсивность велосипедного движения, предусматривая чрезмерную капитальность их постройки, ограничивающую широкое строительство. Около малых населенных пунктов сельского типа нет необходимости устраивать дорожки капитального типа и можно руководствоваться облегченными нормами:

Расчетная скорость, км/ч . . . . .	25—15
Ширина проезжей части для одностороннего движения, км . . . . .	1 0,75
То же для двухполосного разностороннего движения, м . . . . .	2,5—2
Ширина велосипедной полосы на проезжей части, м . . . . .	1,20—0,9
Наименьший радиус выпуклых вертикальных кривых, м . . . . .	500—400
Наименьший радиус вогнутых вертикальных кривых, м . . . . .	50—100
Наименьший радиус кривых в плане при отсутствии виража, м . . . . .	75—50
Наименьшее расстояние до бокового препятствия, м . . . . .	0,5

При движении не более 30 велосипедистов в 1 ч допускается устраивать совмещенные вело-, пешеходные дорожки шириной 2—2,5 м. Меньшие значения соответствуют случаям устройства велосипедных дорожек при благоустройстве поселков и пригородных участков дорог в стесненных условиях.

Преодоление подъемов требует усилий от велосипедистов. Поэтому рекомендуется ограничивать длины участков в зависимости от продольного уклона:

Продольный уклон, ‰ . . . . .	30	40	50	60	70
Предельная рекомендуемая длина участка, м . . . . .	500—250	250—150	130—70	60—40	<30

Строительные нормы и правила предусматривают, что покрытия велосипедных дорожек при интенсивном движении велосипедистов следует устраивать из цементобетона или из обработанного органическими вяжущими щебня или гравия. Однако при меньших интенсивностях движения покрытия велосипедных дорожек могут быть весьма облегченных типов — из гравия или грунтов, желательно обработанных органическими вяжущими. В сельской местности допустимо использование грунтощебеночных и грунтогравийных смесей, обеспечивающих проезд после кратковременных летних дождей, или даже устройство грунтовых дорожек, поскольку в этих условиях велосипедные поездки возможны только в сухой летний период.

### 8.10. Экономическое обоснование мероприятий по обеспечению безопасности движения

Экономический эффект перестройки опасных участков автомобильных дорог создается в результате снижения потерь от дорожно-транспортных происшествий и увеличения средней скорости транспортных потоков при проезде этих участков. Методика оценки эффективности повышения безопасности движения основывается на Типовой методике определения экономической эффективности капитальных вложений, разработанной Госпланом и Академией наук СССР.

Для относительно коротких перестраиваемых участков определяют коэффициент эффективности затрат, характеризуемый отношением снижения суммы эксплуатационных расходов автотранспортных и дорожных организаций и потерь от происшествий к стоимости работ по перестройке опасного участка:

$$E_{рек} = \frac{\mathcal{E}_{сущ} - \mathcal{E}_{рек}}{C_{рек} (1 + E)^t},$$

где  $\mathcal{E}_{сущ}$  — потери общества через  $t$  лет, если бы дорожные условия оставались бы неизменными;  $\mathcal{E}_{рек}$  — то же, если провести реконструкцию участка;  $t$  — расчетный срок сравнения вариантов, в годах, учитывающий возрастание интенсивности движения. При коэффициенте роста интенсивности  $k=1,02$   $t=8$  годам, при  $k=1,04$   $t=11$  и при  $k=1,07$   $t=13$ .

Для учета неравнозначности текущих и последующих затрат для народного хозяйства в формулу введен показатель приведения разновременных затрат  $E$ , принимаемый равным 0,10.

Ежегодные потери от дорожно-транспортных происшествий на перестраиваемом участке

$$\mathcal{E}_{дор} = 3,65 \cdot 10^4 a n_{ср} m N_1 L,$$

где  $a$  — количество дорожно-транспортных происшествий на 1 млн авт-км пробега автомобилей по участку, определяемое по графику на рис. 6.6 в зависимости от итогового коэффициента для участка;  $n_{\text{ср}}$  — средняя стоимость потери от одного дорожно-транспортного происшествия через  $t$  лет после перестройки;  $m$  — коэффициент относительной тяжести происшествий (см. табл. 8.1);  $N_t$  — среднегодовая суточная интенсивность движения;  $L$  — длина опасного участка, включая зоны снижения скорости на подходах к нему, км.

При определении потерь после проведения реконструкции значения  $a$  и  $m$  принимают с учетом изменившегося итогового коэффициента аварийности.

Для автомобильного транспорта выигрыш в результате реконструкции проявляется в сокращении продолжительности проезда в связи с повышением скорости, которое можно определить путем теоретического расчета. Затраты автомобильного транспорта составляют в год  $\mathcal{E}_{\text{авт}} = \frac{365N_t b L}{\Delta v}$ , где  $b$  — стоимость эксплуатации автомобиля в 1 сут;  $\Delta v$  — разница скоростей до и после перестройки участка, км/ч;  $L$  — длина участка, км.

Изменением затрат на ремонт и содержание перестраиваемого участка обычно незначительным можно пренебречь.

При сравнении вариантов дорог обычно считают, что проектное решение эффективно и осуществление его будет оправдано, если  $E_{\text{рек}} \leq 0,10$ . Но этот формальный критерий не может быть распространен на случай проектирования мероприятий по устранению опасных участков дорог, в первую очередь направленных на сохранение жизни и здоровья участников движения, когда сроки окупаемости имеют второстепенное значение. Метод может быть использован для сравнительной оценки конкурирующих вариантов проектных решений.

### **8.11. Эффективность мероприятий по устранению опасных мест на дорогах**

Эффективность реконструкции тех или иных участков дороги может быть надежно оценена только по изменению количества дорожно-транспортных происшествий на этих участках после перестройки. Однако для выбора и ориентировочного сравнения возможных вариантов перестройки отдельных участков можно воспользоваться данными отечественной и зарубежной практики (табл. 8.1).

Приведенные в таблице средние данные относятся к сравнительно ограниченными отечественным и зарубежным наблюдениям. В зависимости от конкретных местных условий эффективность мероприятий может от них существенно отличаться. Поэтому приведенные данные могут служить лишь для общей ориентировки

Таблица 8.1

Проведенные мероприятия	Снижение количества происшествий		
	Всего	Ранений	Погибших
<i>I. Улучшение геометрических элементов трассы</i>			
Перестройка с улучшением трассы	55	95	—
Обход населенных пунктов	80	25	—
Смягчение продольных уклонов	30	—	—
Устройство дополнительных полос проезжей части для движения на подъем	50	25	20
Уширение проезжей части	10—15	—	—
»    обочин	20	—	—
Устройство разделительной полосы на четырехполосной дороге	—	30	—
Уширение мостов	50	30	—
Повышение видимости	65	—	—
Увеличение радиусов кривых в плане	90	80	—
Устройство в кривых малых радиусов разделительных островков	—	85	—
<i>II. Реконструкция пересечений</i>			
Устройство пересечений в разных уровнях	95	—	20
То же кольцевых пересечений	—	55	—
»    канализированных пересечений	50	35	—
»    дополнительных полос для левого поворота	—	35	—
Устройство переходно-скоростных полос	20	10	—
<i>III. Содержание дорог и безопасность движения</i>			
Повышение ровности покрытия	15	20	—
Укрепление обочин	40	—	—
Устройство велодорожек	80	85	—
Постройка тротуаров	35	—	30
Устройство освещения	27	25	—
Оборудование автобусных остановок	20	70	—
Удаление с обочин деревьев, столбов	12	—	—
Установка ограждений	15	—	30

в возможной эффективности планируемых мероприятий. Следует учитывать, что цифры снижения числа происшествий в ряде случаев относятся только к происшествиям, связанным с указанными элементами дороги, а не ко всему числу происшествий на рассматриваемом участке дороги. Задачей дорожно-эксплуатационных организаций является дальнейшее накопление опытных данных, более точно отражающих условия России, на основе повседневных наблюдений за эффективностью мероприятий в целях лучшей организации и повышения безопасности движения.

Для объективной эффективности мероприятий по перестройке опасных участков на дорогах обычно пользуются так называемым методом «до и после» — сравнением количества дорожных происшествий или потерей от них за несколько лет до начала рекон-

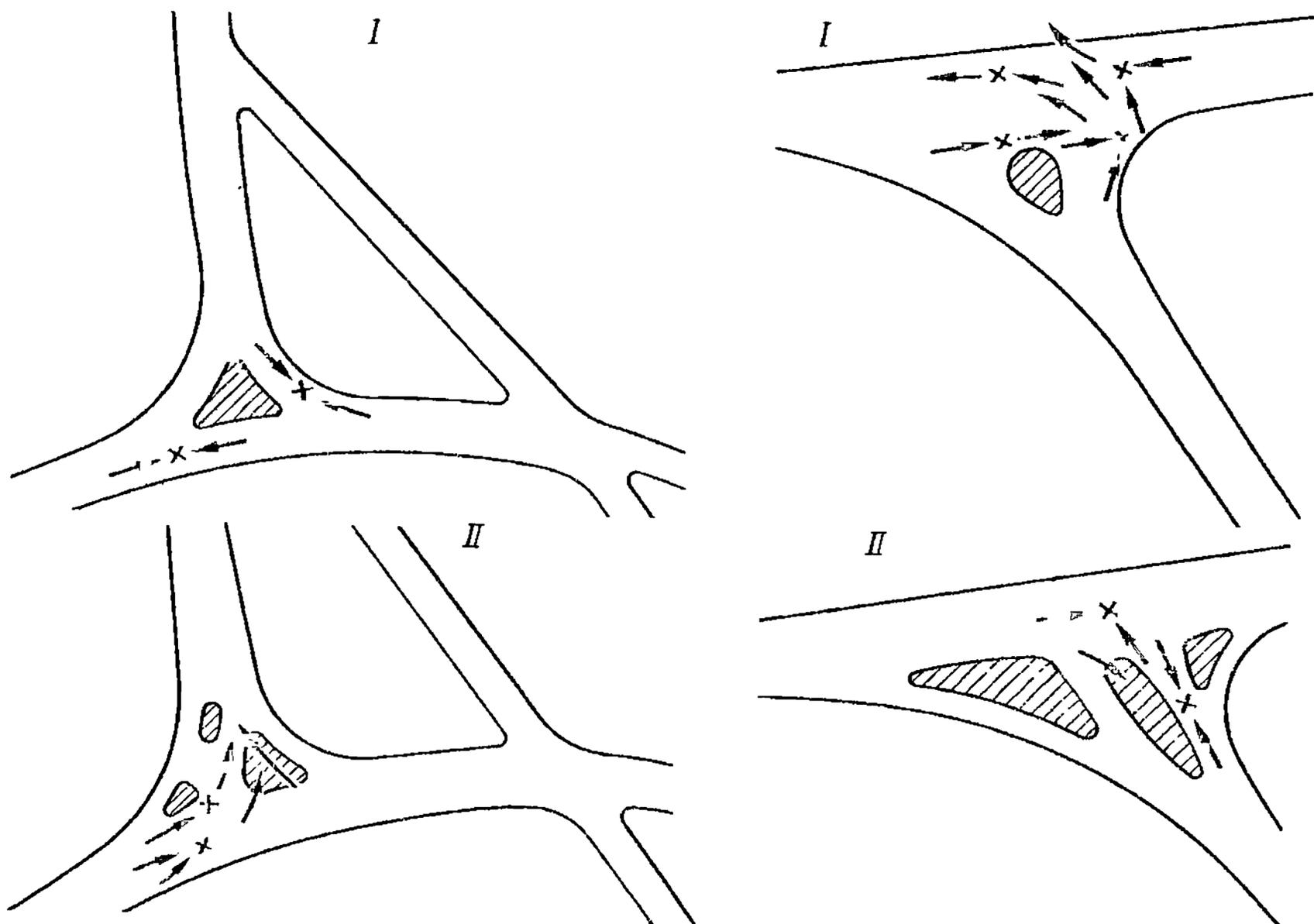


Рис. 8.30. Картограмма происшествий на двух Т-образных примыканиях:  
 I — за 3 года до реконструкции; II — за 3 года после реконструкции

струкции и после нее, поскольку не всегда первоначально намеченные мероприятия оказываются успешными. На рис. 8.30 показаны два примера наблюдений за эффективностью двух попыток улучшения примыканий. В первом случае для облегчения левых поворотов и исключения встречных столкновений из-за неправильного выбора пути поворота большой треугольный островок был заменен тремя меньшими. Их неправильное положение и малые размеры привели к увеличению числа происшествий. Лучшие результаты можно было бы получить разметкой покрытия с указанием стрелками разрешенных направлений движения.

Во втором случае (рис. 8.30, II) решение оказалось более удачным, так как островки большего размера, выделяющие полосы движения для одного автомобиля, более четко организуют проезд через пересечение.

Надежность полученных данных проверяют методами теории вероятностей исходя из допущения, что распределение происшествий за некоторый период после реконструкции удовлетворяет тем же закономерностям распределения случайных событий, что и раньше. Для этой цели обычно используют критерий согласия Пирсона (критерий  $\chi^2$ ), при помощи которого устанавливают,

удовлетворяют ли опытные данные установленным требованиям к допустимому отклонению от теоретической кривой распределения по Пуассону.

В простейшем случае при одной группе данных до и после реконструкции (одна степень свободы закона  $\chi^2$ ) критерий для рассматриваемой задачи определяется из выражения

$$\chi^2 = \frac{(n_1 t_2 - n_2 t_1)^2}{t_1 t_2 (n_1 + n_2)} \geq \chi_{\text{норм}}^2,$$

где  $t_1$  и  $t_2$  — периоды времени до и после реконструкции участка дороги, за которые имеются статистические данные о дорожных происшествиях;  $n_1$  и  $n_2$  — соответствующие количества происшествий;  $\chi_{\text{норм}}^2$  — минимальные значения критерия согласия, при которых вероятность отклонения дорожно-транспортных происшествий после реконструкции  $\omega$  от закономерностей, существовавших до реконструкции, не превышает обычно принимаемого уровня значимости 0,05.

Значения  $\chi^2$  для одной степени свободы составляют при разных  $\omega$ :

$\chi^2$	10	8	5	3	2	1	0,1
$\omega$	1,71	2	2,7	3,6	4,25	5,41	9,6

Если, например, до реконструкции на пересечении в одном уровне за 5 лет случилось 17 происшествий, а после реконструкции за 2 года возникло 3 происшествия, определяя критерии согласия, получаем  $\chi^2 = 1,8 < 2,7$ . Таким образом, статистические данные еще недостаточны для того, чтобы считать с вероятностью 95%, что относительное уменьшение количества происшествий вызвано именно реконструкцией пересечения. Пусть за следующий год случилось еще одно происшествие. Рассматривая весь период работы дороги после реконструкции, получим  $\chi^2 = 3,05 > 2,7$ . Таким образом, дополнительные данные показывают, что уменьшение количества происшествий явилось результатом проведенной реконструкции.

### Контрольные вопросы

1. Как установить опасные места на дороге и очередность их устранения?
2. Какие существуют способы повышения безопасности движения на участках дорог с большими продольными уклонами?
3. Как можно повысить безопасность и улучшить условия движения на кривых малых радиусов в плане?
4. Каким требованиям должна удовлетворять рациональная планировка канализированного пересечения?
5. Какие существуют виды площадок отдыха и принципы их планировки?
6. Как оценить эффективность проведенных мероприятий по улучшению опасного участка дороги?

## **ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ДВИЖЕНИЯ ПО ДОРОГАМ В ПРОЦЕССЕ ТЕКУЩЕГО СОДЕРЖАНИЯ**

### **9.1. Роль службы ремонта и содержания дорог в обеспечении безопасности движения**

При разработке технических условий на проектирование дорог всегда исходят из предпосылки, что все их элементы должны обеспечивать безопасность движения с расчетной скоростью при благоприятных погодных условиях — хорошей атмосферной видимости и чистой сухой или слабо увлажненной поверхности покрытия. В каждом конкретном случае, проектируя дорогу или учитывая стоимость осуществления каждого намеченного варианта, удается в основном удовлетворить требования безопасности, хотя на отдельных участках высокая стоимость необходимых работ вынуждает принимать решения, делающие необходимым проезд со сниженной скоростью или большим риском происшествия.

В процессе последующей службы дороги возрастающая интенсивность движения, появление новых, более грузоподъемных или быстроходных транспортных средств предъявляют к дороге новые требования, более высокие, чем предусмотренные при ее проектировании, а в ряде случаев делающие необходимым частичную перестройку или полную реконструкцию дороги в соответствии с особенностями изменившегося движения. Становится необходимым оповещение водителей о необходимом изменении скоростей движения, об участках дороги, которые нужно проезжать с повышенным вниманием и сниженной скоростью. Требуется проведение на дороге срочных работ по устранению влияния опасных природных воздействий — скользкости от увлажнения и загрязнения покрытия, гололеда, удаление с дороги пыли и грязи, выпавшего снега. На магистральных дорогах с высокой интенсивностью движения в ночное время необходимо устраивать искусственное освещение. Интенсивное движение, особенно автомобилей с высокими нагрузками на ось, вызывает повышенный износ дорожных одежд и повреждение обочин.

Объем работ по текущему содержанию и ремонту дорог поглощает до 60% ассигнований на дорожное хозяйство и делает необходимой повседневную работу на дорогах подразделений дорожно-эксплуатационной службы. В ее задачи входит:

текущее содержание дороги, устранение влияния опасных природных воздействий на условия движения автомобилей;

повышение безопасности движения путем установки ограждений, устройства виражей, обеспечения видимости устройством

срезок на кривых, устройством шероховатых поверхностных обработок на скользких участках;

ремонт дороги, восстановление и повышение в его процессе транспортно-эксплуатационных качеств;

пассивная организация движения путем рациональной расстановки предупреждающих и воспрещающих знаков, разметки проезжей части и ряда других мероприятий;

оперативное оповещение водителей об опасных изменениях состояния дороги установкой временных дорожных знаков и дополнительных табличек.

Эта работа основывается на обследованиях состояния дороги.

Таким образом, вся деятельность дорожных организаций хотя и направлена в основном на обеспечение стабильности транспортно-эксплуатационных качеств автомобильных дорог, связана с обеспечением безопасности движения. К сожалению, нередко случай, когда этот важный раздел ее деятельности выполняется попутно и зачастую формально, без внесения в него элементов инициативы и творчества. Некоторые специалисты считают, что вопросы организации движения входят только в обязанности Государственной автомобильной инспекции. Тем не менее успешность мероприятий по повышению безопасности движения во многом зависит от дорожно-эксплуатационной службы. Именно ее сотрудники, которые, много лет работая на дороге, хорошо зная особенности движения по ней автомобилей в любых условиях, могут обоснованно выявлять опасные участки и намечать необходимые мероприятия по их улучшению. Участие дорожных организаций в расследовании происшествий Государственной автомобильной инспекцией должно способствовать правильной оценке причин происшествий. На дорожных участках должен быть поставлен учет происшествий. Он имеет особенно большое значение для оценки эффективности различных мер по повышению безопасности движения. Государственная автомобильная инспекция хранит первичные материалы расследования происшествий 3 года. Длительно накапливая многолетнюю статистику происшествий с точной привязкой к пикетажу дороги, дорожные организации имеют принципиальную возможность всесторонней оценки мероприятий методом «до и после» с высокой степенью достоверности и учетом изменений интенсивности движения.

## **9.2. Учет и накопление данных о дорожно-транспортных происшествиях**

Детальный учет и оформление данных о дорожно-транспортных происшествиях дают возможность получить ценные материалы для обоснованного планирования дорог и организации на ней движения. При правильно поставленной организации дорожно-

эксплуатационной службы должно систематически осуществляться обобщение актов о происшествиях и личное участие сотрудников в расследовании происшествий.

Имеется несколько способов обобщения данных о происшествиях:

вычерченные в масштабе планы городов или схемы обслуживаемой дорожной сети, на которых отмечают места дорожно-транспортных происшествий условными знаками, их вид и тяжесть (точечные карты ДТП). Для целей демонстрации используют вывешенные на стене карты дорожной сети или маршрута, обозначая на них места и виды происшествий булавками с цветными головками или флажками;

линейные графики распределения мест происшествий по дороге;

масштабные схемы дорожно-транспортных происшествий — планы в большом масштабе мест сосредоточения происшествий (площади и перекрестки, кривые малых радиусов, узкие мосты с подходами и др.). Эти графики, на которых точно указывают места происшествий и траекторий движения вовлеченных в происшествие транспортных средств, используют при разработке проектов перестройки опасных участков. В этом случае необходим анализ распределения происшествий по видам, периодам года, времени суток с учетом причин и условий возникновения зарегистрированных происшествий.

В отдельных случаях составляют специальные карты и линейные графики происшествий, связанных с систематическим влиянием отдельных факторов, например скользкости покрытий, вызываемой сезонными факторами, проездом тракторов, пешеходами или велосипедистами.

Технические правила ремонта и содержания автомобильных дорог (ВСН 24-88 Минавтодора РСФСР) обязывают дорожно-эксплуатационные организации вести журнал учета происшествий, в котором данные ГАИ дополняются данными собственного анализа дорожно-транспортных происшествий. Особое внимание уделяется происшествиям, в которых причиной происшествий органами ГАИ названы дорожные условия. В журнале регистрируются также принятые меры по устранению и профилактике возникновения происшествий. Если быстрое устранение неисправностей дороги, вызвавших происшествие, по каким-либо причинам невозможно, совместно с ГАИ намечают необходимые меры по организации движения. О происшествиях с тяжелыми последствиями, причиной которых являлись неудовлетворительные дорожные условия, не позже чем через 12 ч после получения о них сведений дорожно-эксплуатационная организация докладывает вышестоящей организации.

Для каждой дороги введут покилометровый линейный график происшествий, на котором фиксируют сведения о происшествиях

за 3 года. Его часто совмещают с графиком коэффициентов аварийности.

Эффективность изучения материалов статистики происшествий во всех случаях зависит от детальности и обстоятельности составления первичных актов о дорожно-транспортных происшествиях, особенно точности характеристик дорожных условий, погоды, а также привязки места происшествий к километражу дороги. К сожалению, во многих случаях акты, составляемые работниками Государственной автомобильной инспекции, поверхностны и не содержат данных, необходимых для установления правильных значений параметров, изменяющихся в зависимости от погоды или в процессе службы дороги. К их числу относят коэффициент сцепления шин с покрытием и дальность видимости, которая меняется осенью после листопада, а зимой — при наличии у дороги неубранных валов снега. Большое значение для дальнейшего изучения причин дорожно-транспортных происшествий должно иметь оснащение подразделений ГАИ портативными приборами, дающими возможность определять коэффициент сцепления в момент расследования на месте происшествия.

Планы мест сосредоточения дорожно-транспортных происшествий, на которых условными знаками указаны их места, пути

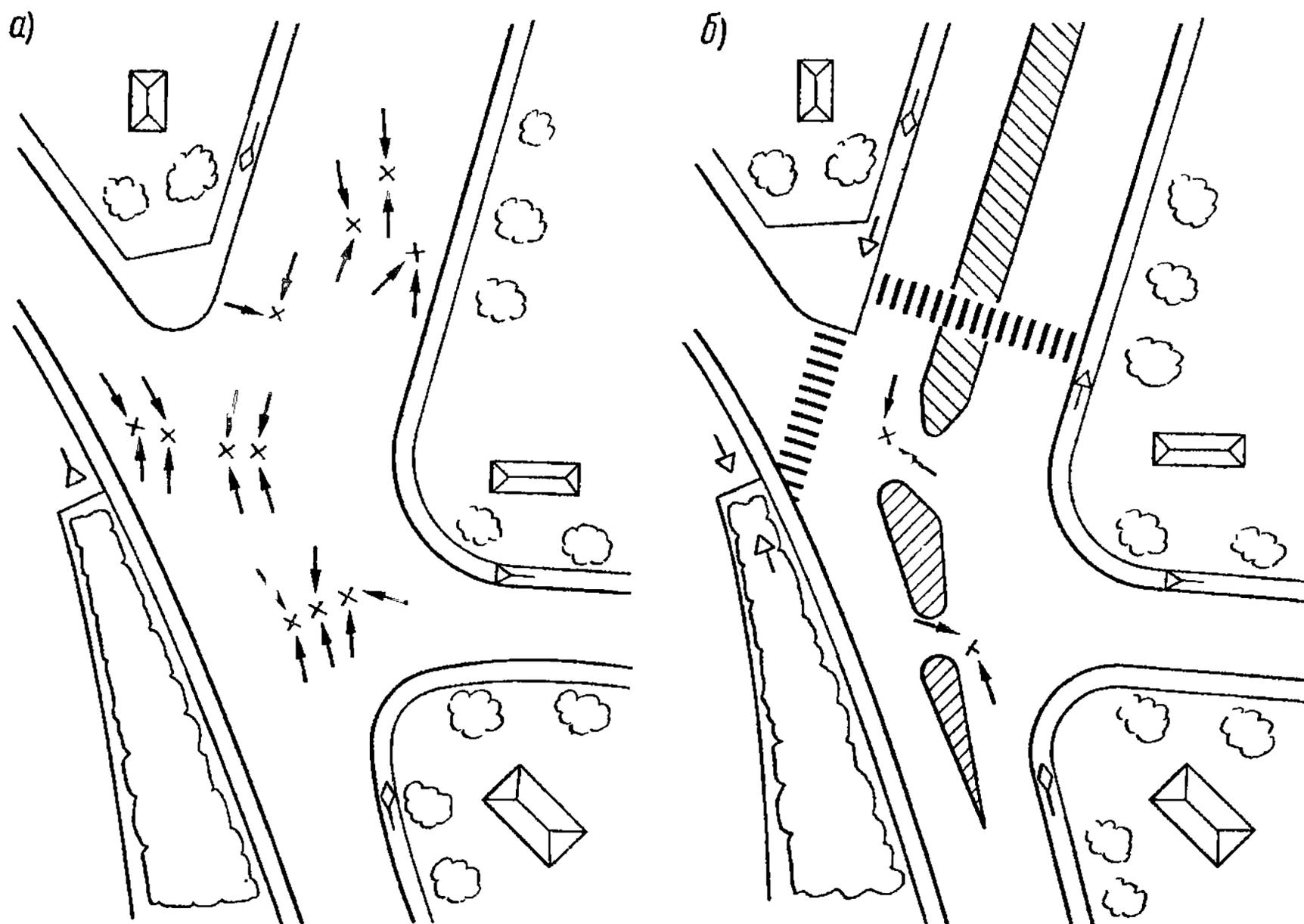


Рис. 9.1. Планы происшествий на городских пересечениях в одном уровне:  
а — до реконструкции; б — после реконструкции

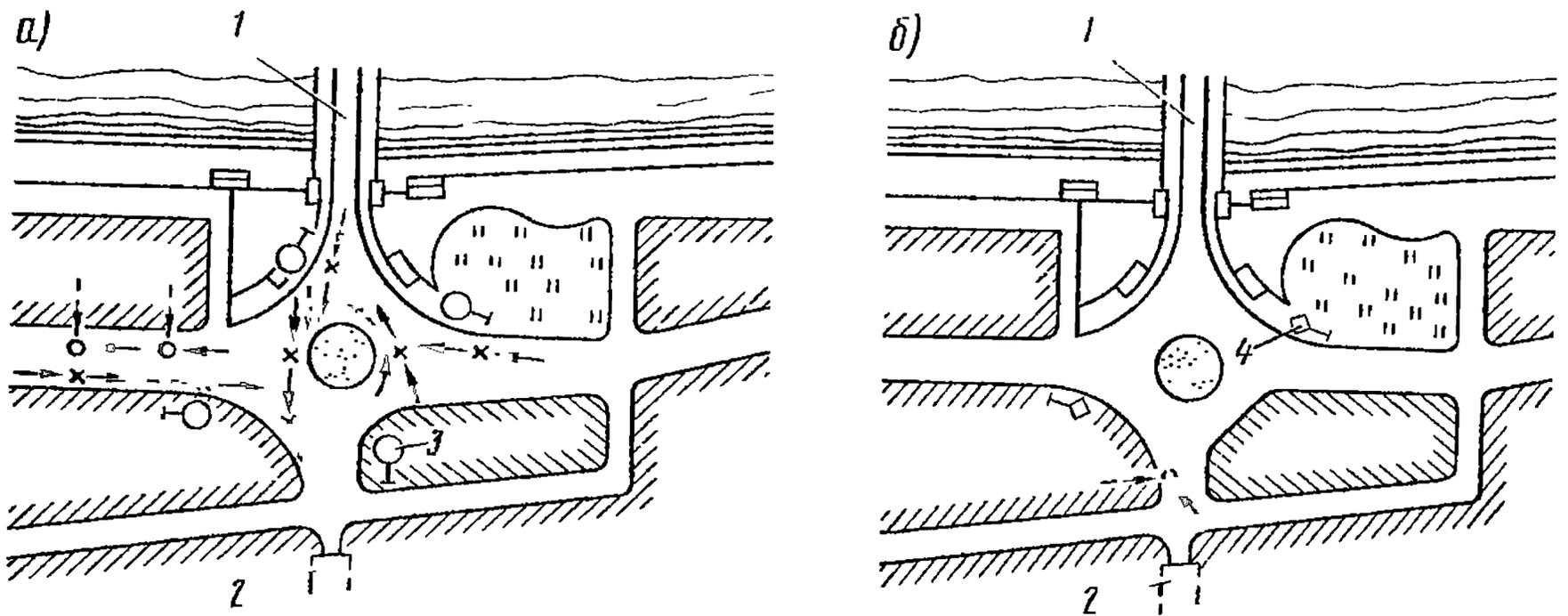


Рис. 9.2. Диаграмма дорожно-транспортных происшествий на предмостовой площади с кольцевым движением:

*а* — при кольцевом движении; *б* — при установке знака «Главная дорога»;  
 1 — мост через большую реку; 2 — вход в тоннель; 3 — знак «Круговое движение»; 4 — знак «Главная дорога»

следования столкнувшихся автомобилей и пострадавших пешеходов, позволяют выявить преимущественные причины отклонения автомобилей от правильных траекторий движения и перекрыть эти направления пути направляющими островками. Устройство направляющих островков и упорядочение движения пешеходов (рис. 9.1) резко снизило количество происшествий. Эффективность планировочных мероприятий во многом определяется установкой знаков. На рис. 9.2 видно, как замена знаков кругового движения знаком «Уступи дорогу» на предмостовой площади с интенсивным движением значительно снизила число дорожно-транспортных происшествий.

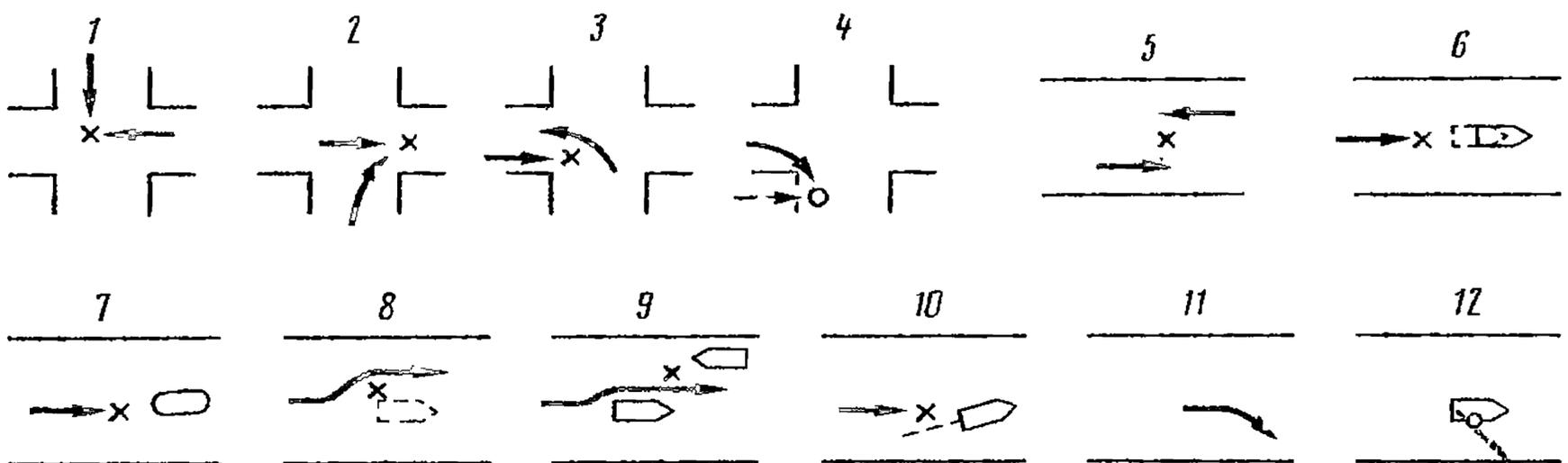


Рис. 9.3. Условные обозначения на планах дорожно-транспортных происшествий:

1 — столкновение на пересечении дорог транспортных средств, двигавшихся прямо; 2, 3 — столкновение транспортных средств, двигавшихся прямо и поворачивавших; 4 — наезд на пешехода; 5 — столкновение встречных транспортных средств; 6 — то же при движении в одном направлении; 7 — наезд на стоящее транспортное средство; 8 и 9 — наезды на обгоне на обгоняемое и встречное транспортное средство; 10 — столкновение с транспортным средством, выезжающим со стоянки; 11 — съезд с дороги; 12 — падение пассажира

Принятая система условных обозначений на планах дорожно-транспортных происшествий приведена на рис. 9.3.

Движение транспортных потоков индивидуально по составу на каждой из пересекающихся или примыкающих дорог. Поэтому не всегда можно сразу найти лучшее планировочное решение. Большое значение может иметь метод проб и попыток. В Великобритании Транспортная и дорожная исследовательская лаборатория на большой испытательной площадке расчерчивала в натуральную величину планировку вариантов пересечения и проводила по ним массовые экспериментальные проезды с привлечением местных автомобилистов, добиваясь постепенным изменением планировки пересечений максимальной пропускной способности.

В Крыму местные дорожники до окончательного оформления разметки пересечений в одном уровне намечали на них островки мелом или известью и через некоторое время окончательно уточняли их расположение по следам от прохода колес.

### **9.3. Влияние погодных условий на безопасность движения**

Изменения погоды сильно меняют обстановку движения, отражаясь на состоянии дороги и самочувствии водителей. Дожди, гололедица, загрязнение покрытия грунтом, натаскиваемым колесами с обочин и примыкающих полевых дорог, снижают коэффициент сцепления.

Туманы и дожди ограничивают видимость.

Изрезанные колеями грязные грунтовые обочины или оставляемые на них зимой валы неубранного снега уменьшают используемую ширину проезжей части. При ухудшении погодных условий дорога становится неоднородной по транспортно-эксплуатационным свойствам и обеспеченности безопасности движения, так как коэффициент сцепления на разных участках дороги и по ширине проезжей части меняется неодинаково и величина тормозного пути может сильно различаться, возрастает опасность заносов.

Погодно-климатические факторы могут быть длительно действующими сезонными, как, например, отрицательные температуры и снеговой покров в зимнее время, и кратковременно проявляющимися (осадки, туман, гололедица). Несмотря на происходящее при этом ухудшение условий движения, хозяйственная деятельность общества не прерывается, и интенсивность движения по дорогам существенно снижается только при значительном ухудшении погодных условий. По данным статистики происшествий в России при сухом состоянии покрытий возникает 73,4% происшествий, при мокром и грязном — 14,2%, уплотненном снежном покрове — 7,2% и гололедице — 5,0%. От этих средних цифр, конечно, в разных климатических районах страны имеются существ-

венные отклонения. По данным Гипродорнии, учитывающим продолжительность каждого состояния проезжей части в европейской части России, вероятность возникновения дорожно-транспортного происшествия увеличивается при гололеде в 10 раз, при снежном накатанном слое на покрытии — в 3,8 раза и мокром в 1,6 раза выше, чем при сухом покрытии.

Особенно опасен первый период после начала изменения состояния дороги. При начале дождя капли, выпадающие на пыльную, иногда замасленную поверхность усовершенствованного покрытия, увлажняют пыль, которая по мере насыщения водой становится все более и более скользкой (рис. 9.4), образуя своеобразный смазочный слой между шиной и поверхностью дороги. В дальнейшем дождь начинает смывать грязь с дороги, и коэффициент сцепления несколько возрастает, но не достигает первоначального значения.

Влияние кратковременных метеорологических явлений проявляется в течение сравнительно длительного времени после их прекращения. На рис. 9.5 показано распределение происшествий во времени после кратковременных интенсивных ливней, выпавших после длительного сухого периода. Первое время после окончания дождя несоответствие состояния покрытия внешним погодным условиям (скользкое покрытие при яркой солнечной погоде) особенно предрасполагает к дорожным происшествиям.

Различие природно-климатических условий разных районов страны, как отмечалось раньше, делает целесообразным создание региональных норм проектирования дорог, которые учитывали бы особенности климата и эксплуатации дорог, в частности сезонности перевозок.

Существуют две точки зрения: принятая в Строительных нормах и правилах, что во всех районах страны дороги должны проектироваться на одинаковое

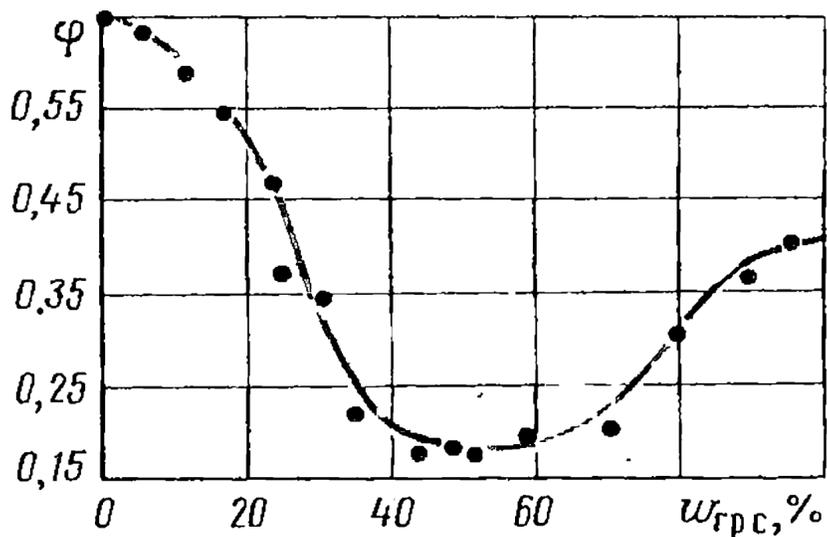


Рис. 9.4. Изменение коэффициента сцепления по мере увлажнения и последующего смывания с дороги слоя пыли

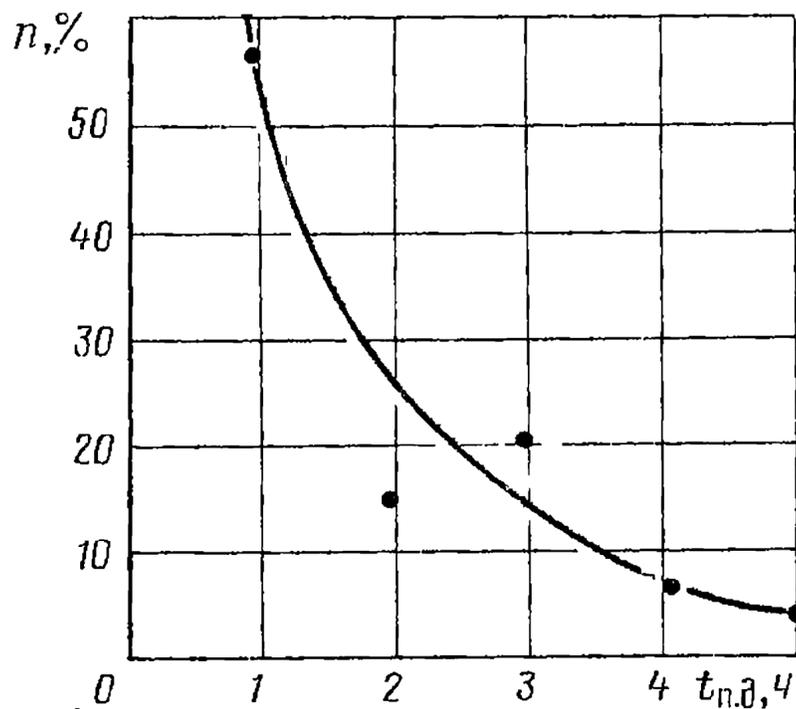


Рис. 9.5. Изменение количества дорожно-транспортных происшествий в первые часы после окончания дождя по мере просыхания дороги

состояние проезжей части, которое в течение всего года должно поддерживаться постоянным дорожно-эксплуатационными организациями;

проектирование дорог должно учитывать, что существенную часть года условия погоды не соответствуют предусмотренным в нормах на проектирование, а реальные возможности дорожно-эксплуатационной службы не позволяют быстро выполнять большие объемы работ, необходимые для полного устранения их влияния. Отмечается, что нормы проектирования должны учитывать уплотненные снеговые отложения, образующиеся по краям покрытий и у разделительной полосы, загрязнение краев проезжей части грязью с обочин. Пока механизация содержания дороги слабо развита, с этим обстоятельством следовало бы считаться при назначении ширины проезжей части, но поскольку это привело бы к дальнейшему удорожанию стоимости строительства, приходится допускать снижение транспортно-эксплуатационных качеств дорог зимой и в переходные весенний и осенний периоды года.

В связи с изменением погодно-климатических условий в разные сезоны года меняется и относительная степень опасности отдельных участков дорог. Проф. А. П. Васильев развил идею коэффициентов аварийности, предложив при планировании конкретных мероприятий по обеспечению безопасности движения использовать графики сезонных коэффициентов аварийности, отражающих усло-

Т а б л и ц а 9.1

Учитываемые параметры	Значения поправочных коэффициентов для периодов года		
	осень	зима	весна
Сезонные колебания интенсивности движения	1,2—1,4	0,7—1	0,8—0,9
Эффективная ширина проезжей части:			
при неукрепленных обочинах	0,95—1	0,8—0,98	0,9—1
» укрепленных »	1	0,9—1	1
на мостах	0,9—1	0,8—1	1
Уменьшение ширины обочин и ухудшение их состояния:			
при неукрепленных обочинах	0,5—1	0,5—1	0,5—1
» укрепленных »	1	0,5—1	0,5—1
Ограничение видимости в кривых в плане валами снега	1	0,7—1	1
Общее ограничение видимости туманами, снегопадами и метелями	0,8—0,9	0,7—0,9	0,9—1
Изменение интенсивности движения на пересечениях в одном уровне:			
на полевых съездах	1,—1,4	0,9—1	1—1,4
в связи с сезонными колебаниями интенсивности на основной дороге	1,2—1,4	0,7—1	0,8—0,9
Скользкость покрытия	0,7—1	0,5—0,8	0,8—1

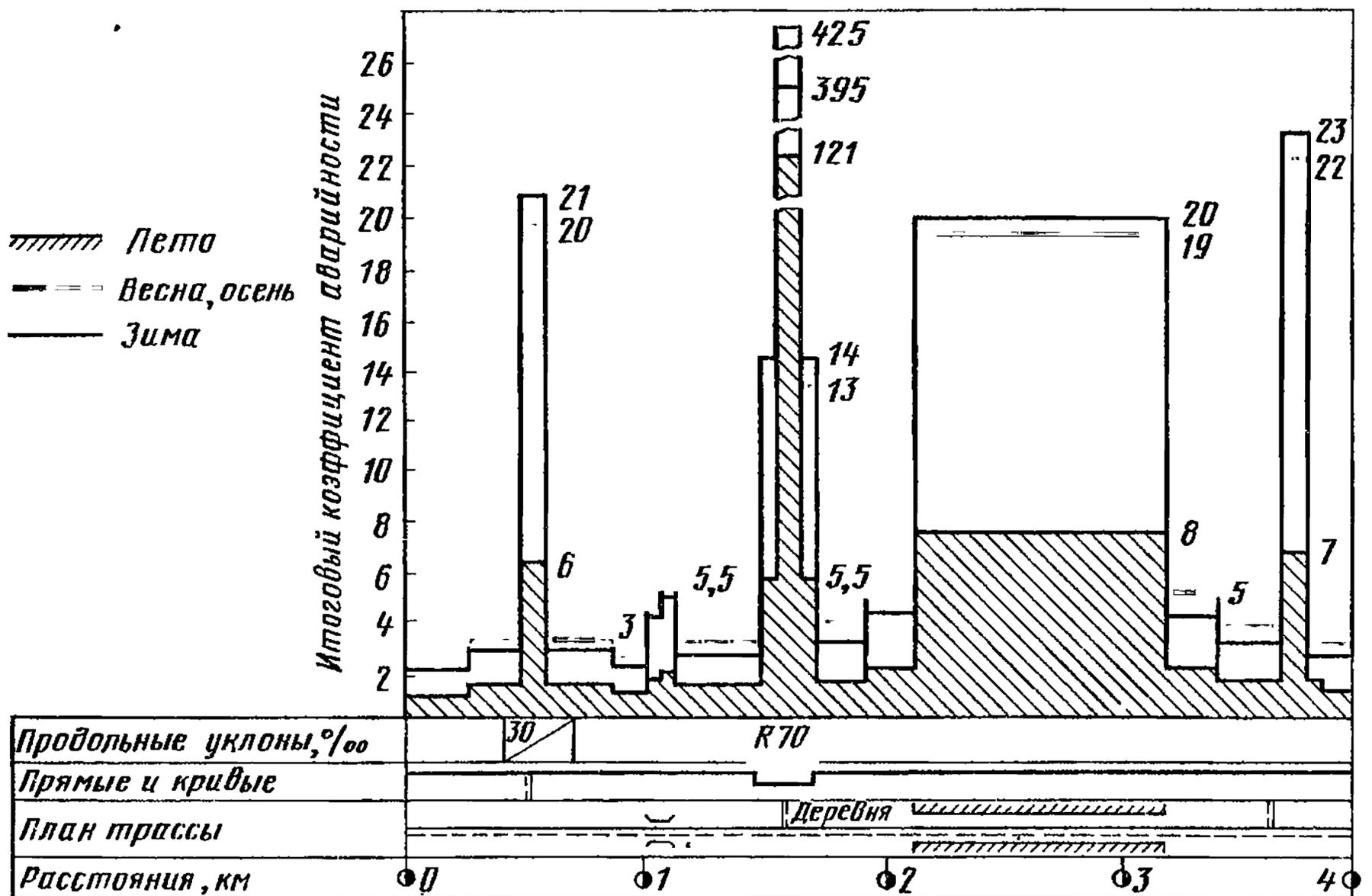


Рис. 9.6. График коэффициентов аварийности с учетом сезонных коэффициентов. Цифры на графике указывают величины коэффициентов аварийности

вия движения с учетом климатических особенностей района продолжения дороги.

Графики строят для характерных периодов года — летнего, осенне-весеннего и зимнего. При этом в значения частных среднегодовых коэффициентов аварийности (см. § 6.8) вводят поправочные сезонные коэффициенты, учитывающие изменения влияния разных элементов дороги в связи с климатическими воздействиями и проводимыми дорожной службой мероприятиями по их устранению.

Предложенная А. П. Васильевым и А. П. Расниковым система поправочных коэффициентов к коэффициентам аварийности приведена в сокращенном виде в табл. 9.1.

Табл. 9.1 учитывает средние сезонные колебания интенсивности движения на дорогах России, ухудшение их состояния или изменение параметров дороги в неблагоприятные периоды года. Значения поправочных коэффициентов для лета во всех случаях равны 1, т. е. частные коэффициенты аварийности принимают согласно § 6.2. График сезонных коэффициентов аварийности для одного и того же участка дороги (рис. 9.6) показывает, насколько меняется степень опасности отдельных участков дороги в разные периоды года.

## 9.4. Борьба со скользкостью покрытий

Одной из важнейших задач содержания дорог является устранение скользкости покрытий, которая возникает от ряда причин — износа и полировки каменных материалов на поверхности покрытия, от образования на ней смазывающей пленки воды или грязи или тонкого слоя льда (гололедица). В процессе службы дороги под воздействием касательных сил, возникающих в зоне контакта шин с покрытиями, каменные частицы на поверхности дороги теряют свою первоначальную шероховатость и становятся гладкими, особенно в пределах полосы наката на проезжей части. На магистральных дорогах России причиной 72% происшествий, связанных с дорожными условиями, является скользкость покрытий.

Сила сцепления шин с покрытиями определяется в основном текстурой поверхности каменных материалов и прочностью ее элементов. Поверхность покрытия состоит из возвышающихся на небольшую высоту щебеночек, поверхность которых имеет мелкие выступы, вдавливающиеся в беговую дорожку катящейся или проскальзывающей шины. Можно различать макронеровности — возвышения щебеночек над средним уровнем поверхности проезжей части и микронеровности, создающие шероховатость поверхности каменных частиц (рис. 9.7). Условия зацепления резины протектора шины за покрытие зависят от упруго-вязких характеристик

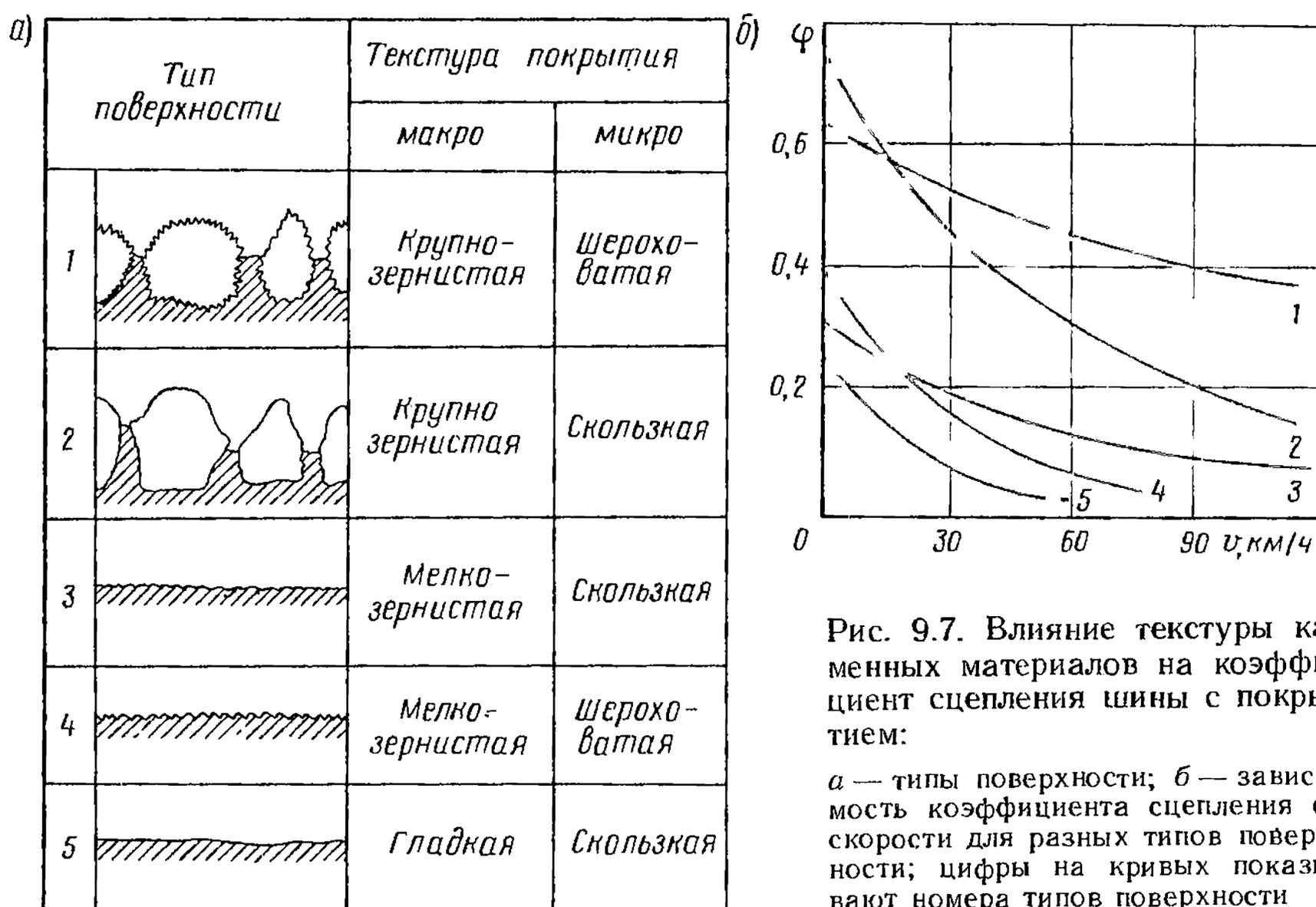


Рис. 9.7. Влияние текстуры каменных материалов на коэффициент сцепления шины с покрытием:

а — типы поверхности; б — зависимость коэффициента сцепления от скорости для разных типов поверхности; цифры на кривых показывают номера типов поверхности

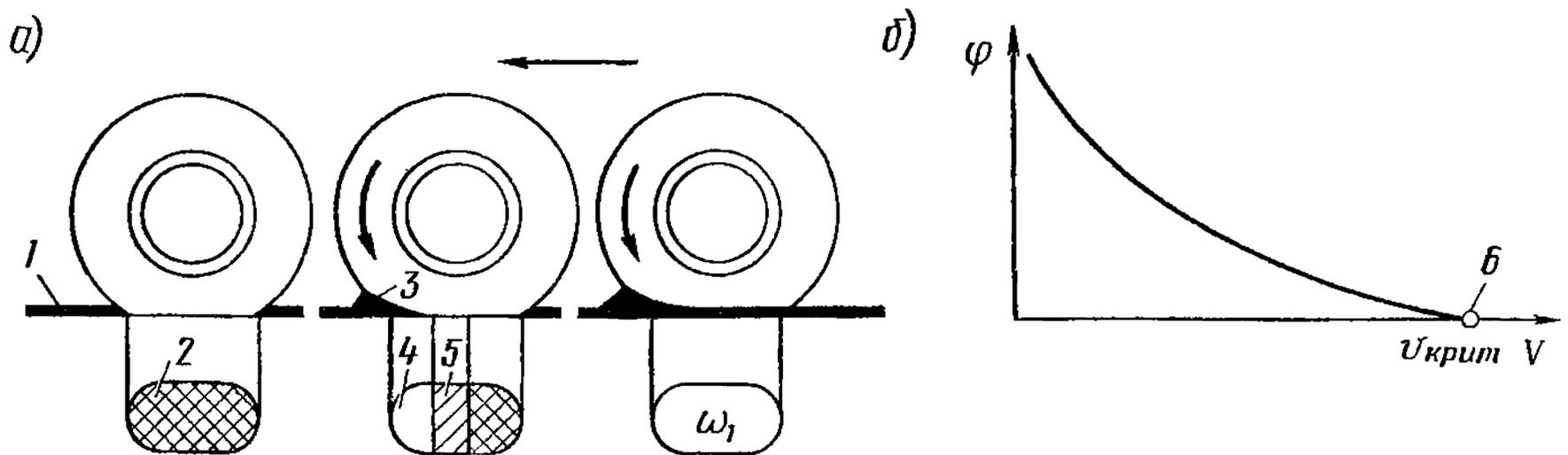


Рис. 9.8. Снижение коэффициента сцепления шины с покрытием в результате аквапланирования:

*a* — последовательные этапы образования водного клина под колесом; *б* — уменьшение коэффициента сцепления шин с влажным покрытием по мере увеличения скорости; *1* — пленка воды на покрытии; *2* — зона полного контакта между шиной и покрытием при стоящем колесе; *3* — водяной клин, возникающий при движении колеса; *4* — зона отсутствия контакта колеса с покрытием; *5* — зона частичного контакта; *б* — возникновение аквапланирования

резины, расстояний между элементами макронеровностей и от формы элементов шероховатости. В процессе службы происходят дробление и истирание элементов шероховатости, поверхность щебенки полируется, и коэффициент сцепления постепенно снижается.

Способность каменных материалов полироваться зависит от их минералогического состава. По возрастающей способности к полировке каменные материалы могут быть расположены так: серый кварцит, метаморфический песчаник, кварцит, доломит, базальт, прочный известняк, мартеновский шлак.

Увлажнение покрытия сверх пленочного состояния влаги приводит к заполнению впадин между щебенками водой и уменьшает глубину вдавливания каменных выступов в шину, приводя к снижению сцепления. В еще большей степени это проявляется при загрязненном покрытии.

При интенсивных ливнях или застоях воды на поверхности дороги в мелких неровностях, на полосах наката, отшлифованных движением, на нижней полосе движения на виражах и в пониженных местах вогнутых вертикальных кривых может возникать явление аквапланирования шин. При мокрой поверхности дороги в зоне контакта шины с покрытием можно выделить три зоны. В первой из них сохраняется слой воды, не успевшей отжаться из-под колеса. Сдвигаясь перед набегающим колесом, вода образует в зоне контакта клин, гидродинамическое давление в котором превышает давление колеса на покрытие. Во второй зоне вода в основном отжата, но ее тонкие пленки сохраняются на выступающих элементах шероховатости покрытия. В третьей зоне пленка воды полностью отжата и сохраняется сцепление шины с покрытием. Чем выше скорость движения автомобиля, тем больше

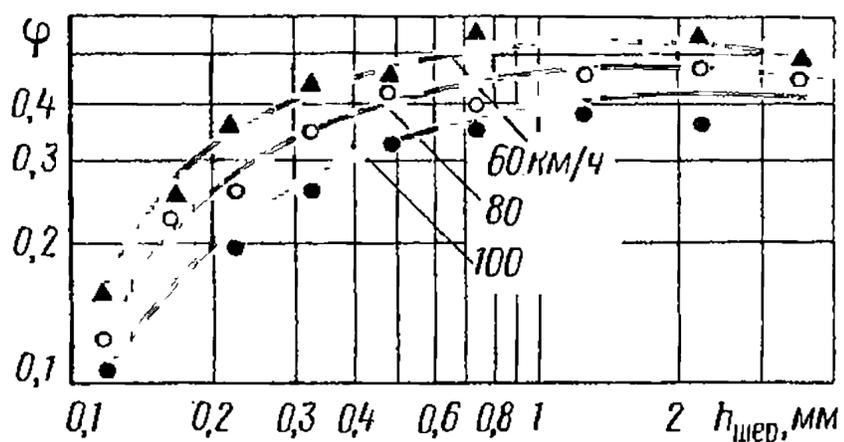


Рис. 9.9. Зависимость коэффициента сцепления влажных покрытий от их шероховатости:

$h_{\text{шер}}$  — высота шероховатостей на покрытии; цифры на кривых — скорости движения автомобилей, км/ч

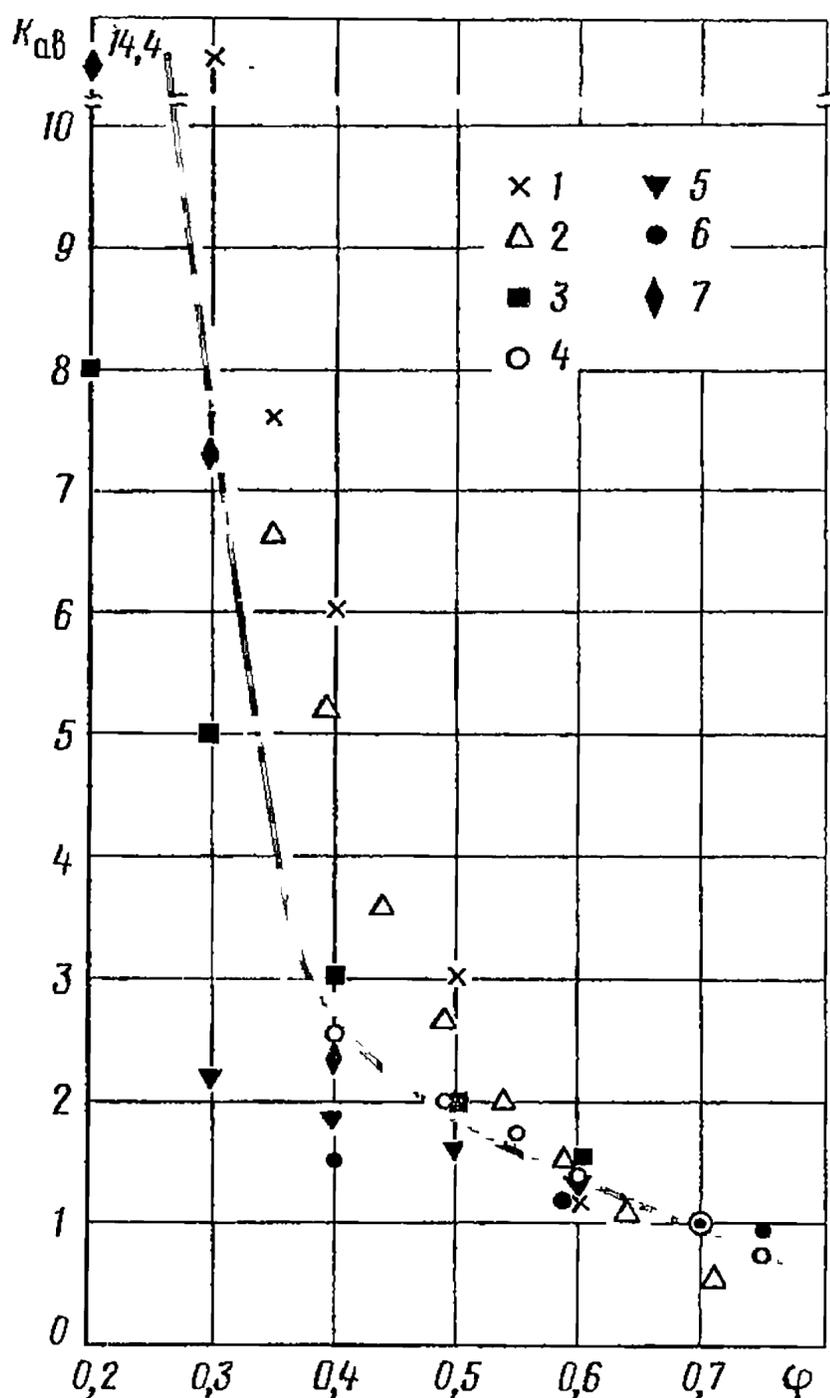


Рис. 9.10. Зависимость относительного количества дорожно-транспортных происшествий от коэффициента сцепления по данным:

1 — Н. Кульмурадова (Россия); 2 — опытов в Нидерландах; 3 — Ю. Кузнецова (Россия); 4 — В. Бабкова (Россия); 5 — А. Зильбербрандта (Россия); 6 — А. Нечаева (Россия); 7 — А. Паре (Франция)

нарастает водный клин и уменьшается площадь контакта шины с покрытием. Происходит снижение коэффициента сцепления (рис. 9.8). При достижении скоростью некоторой критической величины колесо приподнимается и его контакт с покрытием нарушается. Передние колеса теряют управляемость, торможение автомобиля затрудняется.

Критическая скорость аквапланирования зависит от толщины водного слоя на покрытии, давления воздуха в шинах, от рисунка протектора и текстуры покрытия. Чем более изношена шина, тем выше опасность аквапланирования. Для ориентировочной ее оценки можно пользоваться предложенной Национальным управлением по авиации и исследованию космического пространства США эмпирической зависимостью для определения начальной скорости возникновения аквапланирования колес самолетов

$$v_{\min} = 90\sqrt{p},$$

где  $v$  — скорость, км/ч;  $p$  — внутреннее давление воздуха в шинах, МПа.

Аквапланирование — довольно частое явление на дорогах с высокими скоростями движения. Для снижения опасности возникновения аквапланирования в последние годы за рубежом увеличили поперечные уклоны покрытий с 15 до 25‰.

Данные измерений коэффициентов сцепления на влажных покрытиях с различной шероховатостью (рис. 9.9) показывают, что оптимальная высота ее составляет около 2 мм. Однако на эксплуатируемых дорогах шероховатость снижается до много меньших

значений. Покрытия с большей шероховатостью хотя и обеспечивают лучший отвод воды из-под шины, но вызывают больший износ шин при практически равных коэффициентах сцепления. Создавая у водителей впечатление повышенной шероховатости, они способствуют движению при неблагоприятных погодных условиях с высокими скоростями.

Скользкость покрытий является причиной значительного количества происшествий. Статистические данные ряда стран свидетельствуют, что количество происшествий быстро возрастает по мере уменьшения коэффициентов сцепления (рис. 9.10).

Относительную опасность участков дороги с различными коэффициентами сцепления можно на основе литературных данных оценить следующими значениями коэффициентов аварийности:

Коэффициент сцепления	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8
» аварийности	8	3	2	1,5	1	0,5

Опасность скользких участков в значительной степени связана с тем, что водители далеко не всегда могут зрительно оценить значение коэффициента сцепления и не снижают скорости при въезде на скользкие участки, не учитывают опасности заноса, а при движении пачками — возрастания тормозного пути. Однако увеличение количества дорожно-транспортных происшествий на скользких на большом протяжении покрытиях обычно сопровождается снижением их тяжести (рис. 9.11), что объясняется более низкими скоростями на скользких покрытиях. Наиболее опасны кривые малых радиусов, где заносу способствует действующая на автомобиль центробежная сила. Особенно опасны местные скользкие участки.

К числу очень опасных участков относятся асфальтобетонные покрытия в первые дни после укладки. Их ровная маслянистая поверхность становится после са-

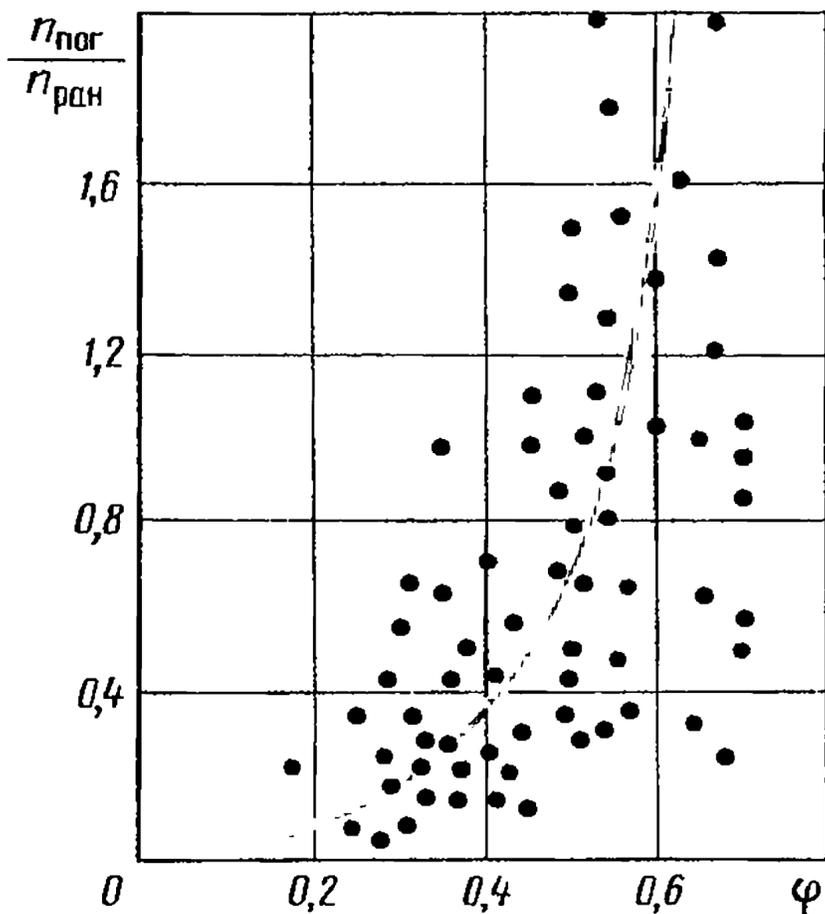


Рис. 9.11. Относительная тяжесть происшествий при разных значениях коэффициента сцепления:

$n_{\text{пог}}$  — число погибших;  $n_{\text{ран}}$  — число раненых

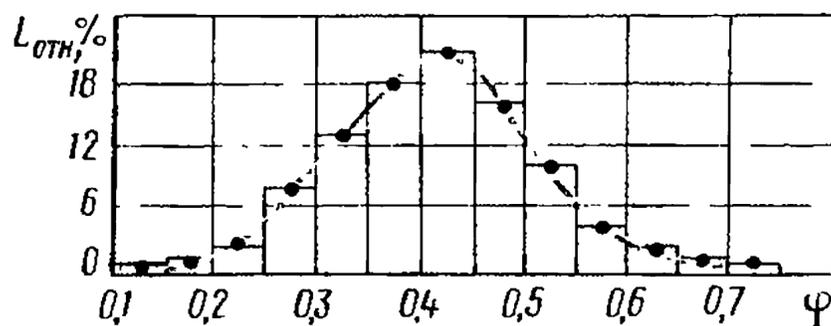


Рис. 9.12. Распределение участков с разными коэффициентами сцепления на некоторых магистральных дорогах:  $L_{\text{отн}}$  — относительная протяженность участков

Т а б л и ц а 9.2

Условия движения	Характеристика участков дороги	Коэффициент сцепления	
		при сдаче	при эксплуатации
Легкие	Прямые участки, кривые радиусами 1000 м и более на уклонах менее 30‰ с укрепленными обочинами, без пересечений в одном уровне, при уровне загрузки не более 0,3	0,4	0,35
Затрудненные	Кривые в плане радиусами 250—2000 м, спуски и подъемы от 30 до 60‰, сужения проезжей части, участки с недостаточной видимостью и дополнительные полосы на подъемах, покрытия на мостах, уровни загрузки от 0,3 до 0,5	0,5	0,40
Опасные	Участки с необеспеченной видимостью, уклонами большими расчетных; пересечения в одном уровне, остановки автобусов, зоны слияния потоков движения, участки сильных боковых ветров и систематических туманов, уровни загрузки свыше 0,5	0,6	0,46

мого незначительного дождя очень скользкой. Отличить их можно по более темному, чем у старых покрытий, цвету. Устанавливаемые дорожниками знаки кажутся водителям неубедительными.

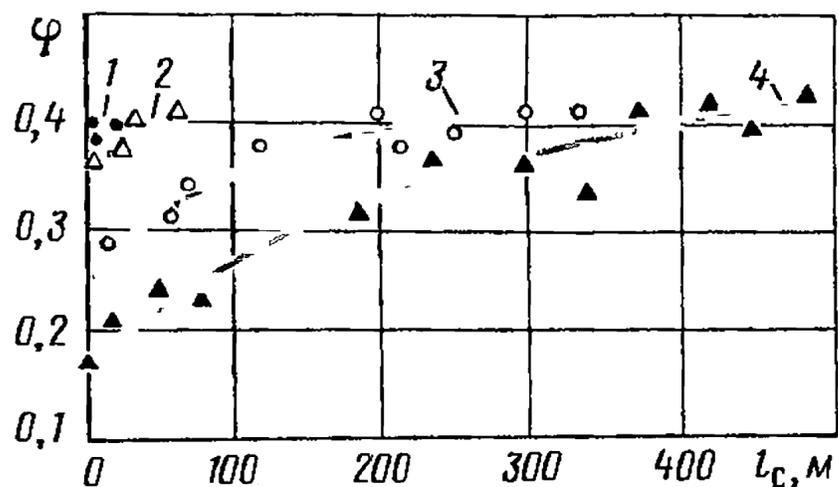
В связи с большим влиянием коэффициента сцепления на безопасность движения нормируют его минимальные значения, которые должны обеспечить строители при сдаче дороги в эксплуатацию и должна обеспечивать в дальнейшем служба ремонта и эксплуатации. В табл. 9.2 приведены нормативные значения коэффициентов продольного сцепления заблокированного колеса на разных участках дорог при скорости 60 км/ч.

В процессе эксплуатации не удается поддерживать нормативные значения коэффициента сцепления. Распределение участков с разными коэффициентами сцепления по данным обследований на большом протяжении ряда автомобильных магистралей при влажном состоянии их покрытия показано на рис. 9.12. Почти 50% участков имеют коэффициент сцепления менее 0,4. Считается, что участки с  $\phi$  менее 0,3 являются потенциально опасными. На них требуется в первую очередь устраивать поверхностные обработки, устанавливать знаки, предупреждающие об опасности и требующие снижения скорости. Характерно, что близкие по значению оценки дает Наставление по аэродромной службе гражданской авиации (НАС ГА-86). Хорошими считают значения  $\phi$ , превышающие 0,42, плохими — в пределах 0,30—0,34 и ненадежными — менее 0,29.

Дорожным организациям приходится уделять много внимания борьбе со скользкостью. Поскольку в процессе службы дороги

Рис. 9.13. Снижение коэффициента сцепления вблизи места примыкания полевых дорог в разных грунтовых условиях:

1 — солонцеватые грунты; 2 — тяжелая глина и пылеватые суглинки; 3 — суглинки; 4 — пески и супеси;  $l_c$  — расстояние от съезда



сцепление снижается, необходимо систематически, не реже 1 раза в год проводить маршрутные измерения коэффициентов сцепления. Это особенно важно потому, что, наряду с общим износом шероховатости покрытия, скользкие места возникают, особенно зимой, и на отдельных сравнительно коротких участках дороги, например в местах частых торможений около автобусных остановок, на кривых малого радиуса, у светофоров и на подходах к железнодорожным переездам. На дорогах с усовершенствованными покрытиями очень часты случаи повышенной скользкости участков около въездов с полевых грунтовых дорог, с которых колесами на покрытия натаскивается грязь в периоды распутицы и после летних продолжительных дождей. Грязь разносится по покрытию на значительное расстояние (рис. 9.13). Чтобы предотвратить это явление, на примыкающих участках грунтовых дорог следует устраивать твердое покрытие, длина которого зависит от грунтовых условий:

Солонцеватые грунты . . . . .	300 м
Черноземные грунты, глина, тяжелые и пылеватые суглинки . . . . .	200 м
Прочие грунты, кроме песчаных и супесчаных . . . . .	100 м
Песчаные и супесчаные грунты . . . . .	50 м

Преимущество следует отдавать сборным бетонным покрытиям и булыжным мостовым. Их неровная поверхность, вызывая тряску при проезде, способствует стряхиванию грязи с колес.

Основной способ устранения скользких участков — устройство на них шероховатых поверхностных обработок путем поливки сухой дороги в теплое время года тонким слоем битума с последующей засыпкой слоем щебня толщиной в одну щебенку. В России поверхностные обработки осуществляют в большом количестве. Существует несколько способов их устройства. Наилучшие результаты дает использование щебня размером 10—15 мм, обеспечивающего коэффициент сцепления не менее 0,40 при увлажненном состоянии покрытия.

При всей кажущейся простоте выполнение поверхностных обработок требует большой тщательности. Исключительно большое значение имеют предварительная очистка покрытия от грязи и пыли

и тщательная дозировка битума при розливе, которую не обеспечивают используемые сейчас для этой цели распределители. Срок службы поверхностных обработок часто оказывается небольшим из-за допускаемых ошибок — запыления рассыпанного щебня избытком битума, сбрасывания щебенки с покрытий колесами автомобиля при недостатке вяжущего или несоответствия его типа требуемому, плохой очистки покрытия перед обработкой или использования загрязненного щебня. В первые дни после устройства поверхностной обработки, пока не произошло формирования плотной связной поверхностной корки движением, отдельные щебенки вырываются и отбрасываются шинами ведущих колес автомобилей, часто выбивая стекла близко едущих сзади автомобилей.

Дорожники обязаны ставить на таких местах предупреждающие плакаты, но водители должны и сами учитывать опасность этих хорошо различимых по виду участков, проезжая их с пониженной скоростью и выдерживая увеличенную дистанцию между автомобилями.

В порядке эксперимента и на начальной стадии внедрения получают распространение новые типы шероховатых усовершенствованных покрытий:

втапливание щебня крупностью 14—20 мм в свежеложенный асфальто- и цементобетон;

обнажение щебенки на поверхности свежеложенных цементобетонных покрытий путем удаления цементного раствора жесткими щетками;

устройство сильнопористых (дренирующих) асфальтобетонных покрытий с объемом пор 10—30%, в которые вода из зоны контакта выжимается давлением колеса. Опасность аквапланирования на этих покрытиях резко уменьшается, но в процессе службы у поверхности покрытия поры забиваются пылью и продуктами износа шин и через несколько лет эффективность водопроницаемости покрытий значительно снижается. При грунтовых неукрепленных обочинах эти покрытия вообще не применимы, кроме того, они могут зимой разрушаться водой, замерзающей в их порах;

введение в асфальтобетон в состав песчаной фракции зернистых кристаллов гигроскопических солей, которые постепенно обнажаются по мере износа покрытия. Растворяясь в воде, они препятствуют образованию гололеда и способствуют возобновлению шероховатости;

устройство асфальтобетонных покрытий из разнопрочного щебня. Каменистый остов подбирают по крупности по обычным правилам, но из материалов с разной степенью изнашиваемости. При истирании шинами поверхности покрытия быстрее изнашиваются щебенки из более слабого камня, а на покрытии остаются выступы более твердых щебенки.

В зимний период уплотненный движением снег заполняет промежутки между выступами щебенки, сглаживает шероховатость покрытий. Значительная часть происшествий в зимнее время бывает вызвана скользкостью накатанной движением снежной корки и ледяными потеками на покрытии. При высокой влажности воздуха и наступлении оттепели содержащиеся в воздухе водяные пары, конденсируясь на мерзлой поверхности дороги, образуют на ней тонкую пленку льда — гололедицу.

Наиболее распространенный в России способ борьбы с гололедицей — рассыпание песка или топочного каменноугольного шлака — дает кратковременный эффект, так как при интенсивном движении материал сметается с дороги колесами автомобилей. Несколько удлиняется срок действия при добавлении к песку от 10 до 20% гигроскопических солей — хлористых магния, калия или натрия. Они препятствуют смерзанию песка в хранилищах, а облекающая песчинки пленка раствора солей вызывает их углубление в ледяной слой, повышая устойчивость против сдвига.

За рубежом песок против гололедицы практически не применяют, борясь с гололедицей рассыпанием гигроскопических солей или поливкой их растворами, получаемыми как отходы химических производств. Статистика ФРГ показывает, что обработка гигроскопическими солями существенно повышает безопасность движения, но не доводит ее до уровня, характерного для сухой дороги. На 1 млн авт-км пробега в дни до гололедицы случается 1,6 происшествий, при гололедице — 9,5 и после обработки солями — 2,6.

В России использование гигроскопических солей ограничено в связи со значительной коррозией автомобилей в условиях в основном безгаражного хранения, хотя и установлено, что вредное воздействие солей на металл может быть снижено добавлением к ним 2—5% противокоррозионных добавок дешевых ингибиторов — фосфатов, побочных продуктов содового производства, снижающих агрессивность воздействия солей на металл. Опыт зимнего содержания дорог за рубежом показывает, что опасность засоления придорожной полосы при разумном, строго дозированном рассыпании гигроскопических солей преувеличена. Скапливающиеся в зимний период в снеге на придорожной полосе соли весной в большей своей части уносятся талыми водами, мало проникая в замерзшую землю, составляя малую долю, соизмеримую со смываемыми с полей минеральными удобрениями. На придорожной полосе угнетаются лишь некоторые, особенно чувствительные к засолению виды растительности.

К образованию гололедицы особенно чувствительны мосты. В отличие от других участков дороги их проезжая часть охлаждается сверху и снизу и имеет более низкую температуру, чем дорожная одежда. Гололедица возникает на них раньше, чем на смежных участках дороги. На зарубежных автомобильных магист-

ралях с успехом проводились опыты искусственного обогрева дорожной одежды на мостах и на опасных участках закладкой нагревающих электрических спиралей.

Начиная с середины 50-х годов в ряде стран для повышения безопасности движения в зимнее время получили распространение шипованные шины, в протектор которых вставлены металлические шипы, выступающие на 3—5 мм. Они повышают сцепление с обледеневшей поверхностью покрытия на 30—70% и с накатанным снегом на 10—20%. Однако на бесснежной гладкой поверхности коэффициент сцепления шипованной шины ниже, чем обычной. Снижение может составлять до 20%. На полосах наката, на которых сосредоточиваются проходы колес, шипы за зимний период изнашивают асфальтобетонные покрытия на 2—4 мм, причиняя серьезный ущерб дорожному хозяйству. В условиях мягкого зимнего климата стран Западной Европы эффективный срок использования шипованных шин при хорошо налаженном зимнем содержании дорог невелик и не превышает 15—30 дней. В настоящее время в ряде стран использование шипованных шин ограничивается.

## 9.5. Повышение ровности покрытий

Влияние ровности покрытий на транспортно-эксплуатационные качества автомобильных дорог изучено в гораздо большей степени, чем на безопасность движения. Казалось бы, что, вынуждая водителей уменьшить скорость движения, неровности покрытий должны были бы снижать количество происшествий. Но анализ графиков дорожно-транспортных происшествий часто показывает, что они иногда сосредоточиваются на участках, геометрические характеристики плана и продольного профиля которых вполне благоприятны, в местах, где после участков с ровными покрытиями расположены участки с неровным покрытием с выбоинами или волнами. От 13 до 18% дорожных происшествий, вызванных неблагоприятными дорожными условиями, объясняются неровным покрытием.

Происшествия в начале неровных участков связаны с наездами автомобилей, движущихся группами, при внезапном снижении скорости передних автомобилей при въезде на неровный участок, особенно если он трудноразличим издали. Это вполне увязывается с идеей коэффициентов безопасности. Если передний автомобиль группы, едущий со скоростью  $v_1$  км/ч, резко снижает скорость до величины  $v_2$  км/ч, то для запоздавшего прореагировать на это изменение водителя следующего автомобиля коэффициент безопасности снижается до  $K = v_1/v_2$ .

В средней части неровных участков происшествия связаны со столкновениями при заездах автомобилей на полосу встречного

движения при объезде выбоин на своей полосе, а также из-за увеличения амплитуды влияния прицепов многозвенных автопоездов. В возникновении заносов на кривых играют роль также колебания автомобилей при движении по неровным покрытиям, во время которых изменяется нагрузка от колес на покрытие. В момент уменьшения нагрузки поперечная сила может превысить удерживающую силу сцепления шин с покрытием, и возникнет занос.

Имеет значение и осложнение условий работы водителей на неровной дороге, когда на их организм влияют толчки и перегрузки, вызывающие болезненные ощущения.

В работе С. М. Жунусова рассмотрен широкий интервал ровностей покрытий, выходящий за пределы нормальной, допустимой при эксплуатации дорог (рис. 9.14, а). При неровностях, сравнительно мало отражавшихся на скорости автомобилей, число происшествий возрастает до некоторого критического количества при показаниях толчкомера 250—300 см/км. При большем количестве неровностей скорости начинают быстро снижаться, водители сосредоточивают свое внимание, чтобы избежать резких толчков, и количество происшествий возрастает.

Одновременно резко снижается комфортабельность проезда, а скорости движения значительно уменьшаются.

На рис. 9.14, б показан график зависимости относительного количества дорожно-транспортных происшествий от вертикальных ускорений автомобиля по данным А. Н. Нечаева. На его основании можно считать удовлетворительными участки с отношением вертикальных ускорений автомобиля к ускорениям того же автомобиля на ровном участке, примерно соответствующим 0,3 ускорения свободного падения. При  $K > 5$  участок должен считаться опасным. Используя для оценки ровности толчкомеры, А. Я. Эрастов и В. И. Бородин (рис. 9.14, в) предложили ввести в методику оценки

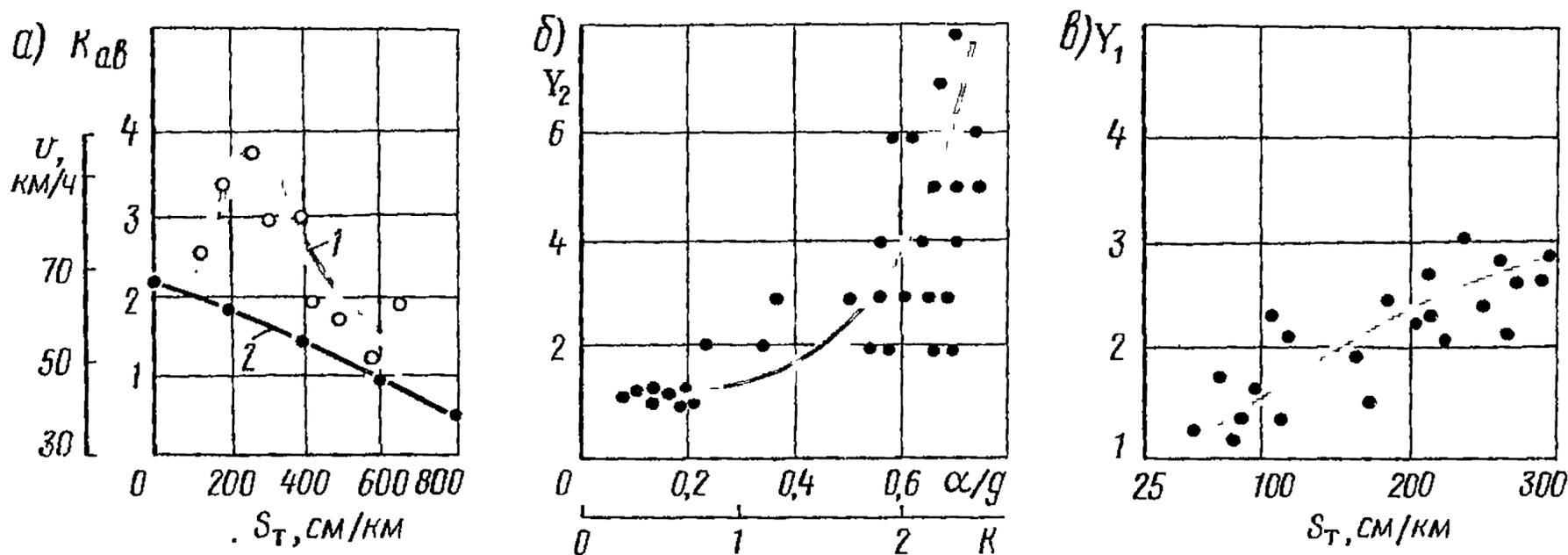


Рис. 9.14. Связь между ровностью покрытия, количеством происшествий и скоростью движения:

1 — ровность покрытия; 2 — скорость движения автомобиля

степени безопасности движения частный коэффициент аварийности, учитывающий ровность покрытий:

Ровность по толчкомеру, см/км	80	150	200	250
Коэффициент аварийности	1	1,4	1,7	2

Особенно сильно неровности влияют, пока их суммарная площадь не превышает четверти общей площади проезжей части. При большей площади повреждений скорости движения автомобилей значительно снижаются, а число происшествий стабилизируется (рис. 9.15). Неровности покрытия сказываются на использовании проезжей части. При движении автомобильных поездов, особенно с большим числом прицепов, неровности вызывают даже при малых скоростях виляния последнего прицепа, достигающие при плохой ровности 75 см.

Опасность дорожно-транспортных происшествий на неровных покрытиях возрастает в дождливую погоду. При сухом покрытии водитель может объехать выбоину или своевременно снизить скорость. В дождливую погоду выбоины заполняются водой и водители не могут отличить их от мелких луж на покрытии. Согласно статистике скандинавских стран отношение количества раненых при дорожно-транспортных происшествиях на 10 млн. авт-км пробега на неровных и ровных покрытиях составляет в сухую погоду (менее 0,1 мм осадков в сутки) 0,92, а в дождливую погоду (более 10 мм/сут) — 1,3. Повышение безопасности движения может быть достигнуто лишь их своевременным ремонтом и, в меньшей степени, установкой предупреждающих знаков.

## 9.6. Ограждение дорог

Большое число происшествий связано со съездами автомобилей с дороги, наездами на препятствия на обочинах и придорожной полосе на пешеходов и выбежавших на дорогу животных, а также при переездах автомобилями разделительной полосы на автомобильных магистралях, чаще всего при неправильных сбгонах (рис. 9.16).

Классификация придорожных ограждений различает:

1 — сигнальные ограждения, информирующие водителей о границах дорожного полотна и безопасной зоны движения (сигнальные столбики и конуса, устанавливаемые при ремонтных работах для обозначения мест, закрытых для проезда);

2 — защитные ограждения, предупреждающие попадание на дорогу пешеходов, животных, переносимого ветром снега или песка (различные изгороди и заборы);

3 — удерживающие, предотвращающие опасность съезда автомобилей с дороги.

Первые два типа ограждений рассмотрены в § 5.5 и 9.8.



Рис. 9.15. Зависимость количества дорожно-транспортных происшествий от площади участков покрытия с деформациями

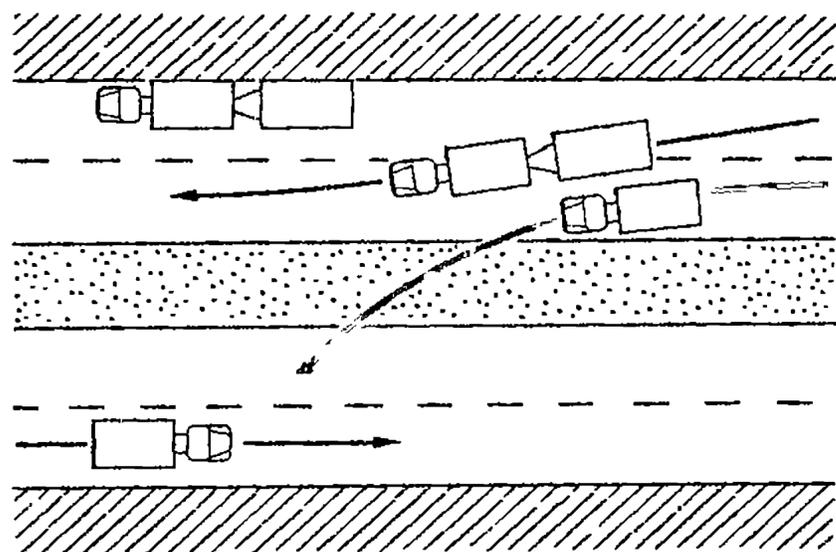


Рис. 9.16. Наиболее частая причина пересечения автомобилями разделительной полосы

Ограждению подлежат участки дорог, расположенные в непосредственной близости от железнодорожных путей, болот, оврагов и горных ущелий, на крутых склонах местности, на подходах к мостам и пересечениях в разных уровнях, на насыпях выше 3—4 м, в кривых малых радиусов, на участках с большими продольными уклонами. Необходимость установки и расстояния до опасных мест принимают в зависимости от интенсивности движения по дороге. Опоры путепроводов, мачты освещения и столбы линий связи ограждают, если они расположены ближе 4 м от кромки проезжей части.

Условия работы ограждений сложны, так как они должны выдерживать удар наехавшего с большой скоростью автомобиля, деформируясь при этом для снижения силы удара и отклоняя автомобиль с ускорением торможения, не представляющим опасности для едущих в автомобиле, и, по возможности, с наименьшим повреждением автомобиля. Поэтому они должны не столько поглощать удар автомобиля, сколько отклонять его вдоль барьера, не отбрасывая назад, на проезжую часть — в поток движущихся автомобилей. При этом автомобиль не должен вступать в контакт с жесткими стойками ограждения. Это достигается, если ограждение воспринимает удар не только элементом, входящим в соприкосновение с автомобилем, а вовлекает в сопротивление несколько смежных пролетов. В связи с этим стойки ограждения должны быть изгибающимися или наклоняющимися при наезде автомобиля. Происходящий при этом прогиб ограждения должен быть таким, чтобы автомобиль не попал в опасную для него зону и не мог удариться о защищаемую конструкцию или не заехал на откос насыпи. Если допустимый прогиб ограждения мал, элементы ограждения должны крепиться к жестким стойкам упругими амортизаторами.

Ограждения не должны закрывать от водителя опасную зону сбоку от дороги, чтобы он, оценив ее опасность, мог повисить

свое внимание. Около них не должны зимой создаваться большие отложения снега.

Как видно из схемы на рис. 9.16, на которой показана траектория съехавшего с проезжей части автомобиля, чем дальше стоит ограждение от полосы движения, тем под большим углом наезжает на него автомобиль. Слишком близкое к полосе движения ограждение отражается на условиях движения, и водитель смещается от края проезжей части. Поэтому ограждения на дорогах устанавливают на обочинах на расстоянии 0,5—0,85 м от бровки земляного полотна в зависимости от их жесткости.

Значительное разнообразие типажа автомобилей и скоростей их движения затрудняет расчет ограждений и назначение их конструкции. Мощная конструкция, выдерживающая наезд тяжелого автомобиля, может вызвать серьезные повреждения у наехавшего на нее легкового автомобиля. Конструкции, рассчитанные на удержание легковых автомобилей, иногда разрушаются при наезде тяжелого автомобиля. Автомобили с высоким расположением центра тяжести могут опрокидываться через низкие ограждения.

Удовлетворить всем указанным требованиям практически невозможно. Поэтому при установке ограждения приходится ориентироваться на основной определяющий тип автомобилей транспортного потока. По мере увеличения в составе транспортных потоков тяжелых автомобилей и междугородных автобусов требования к прочности ограждений повышаются. В США, где имеется обширный опыт установки ограждений, их элементы рассчитывают

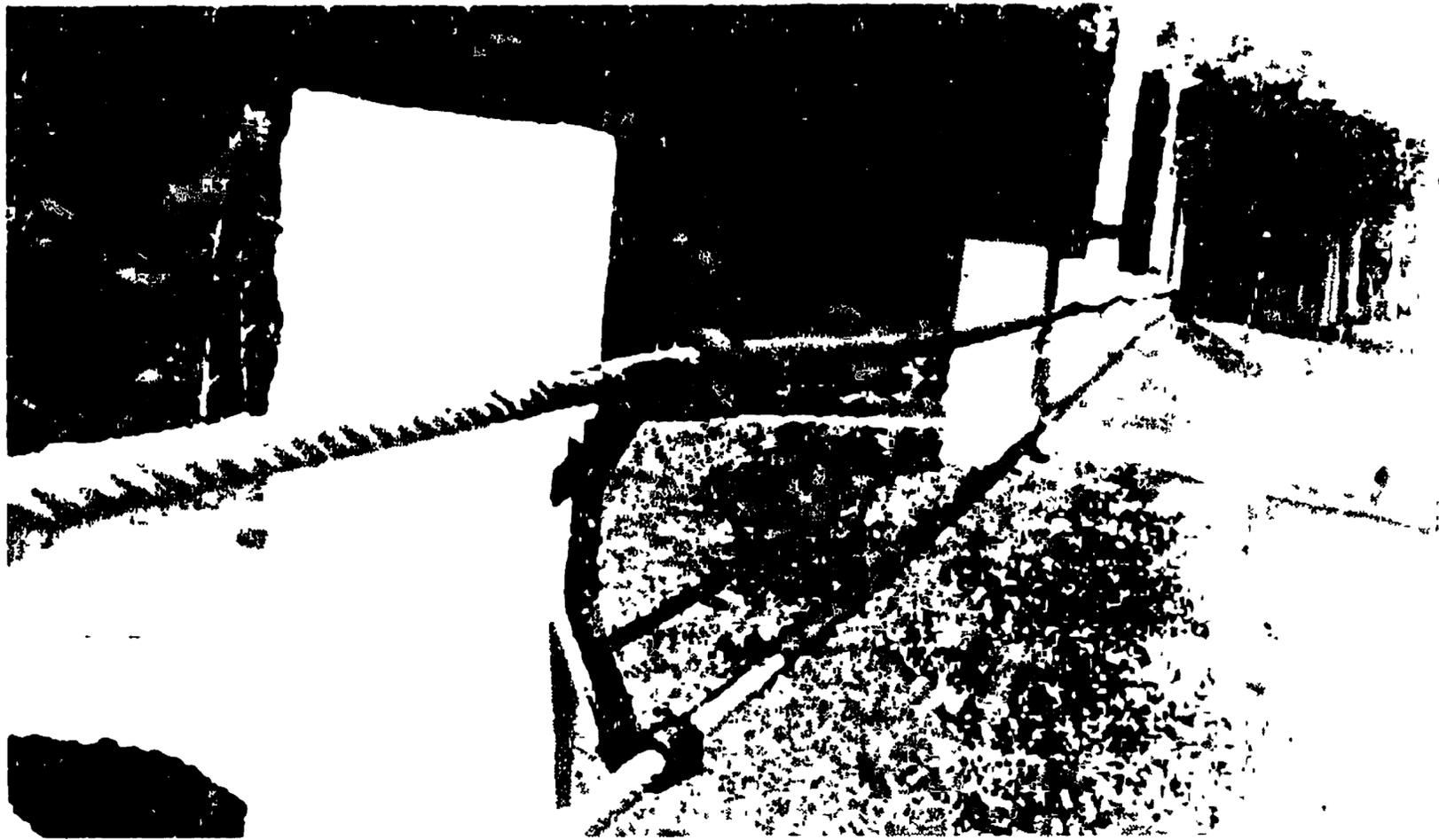


Рис. 9.17. Ограждение из тросов (на переднем плане видна конструкция крепления тросов к опоре через пружинящий элемент)

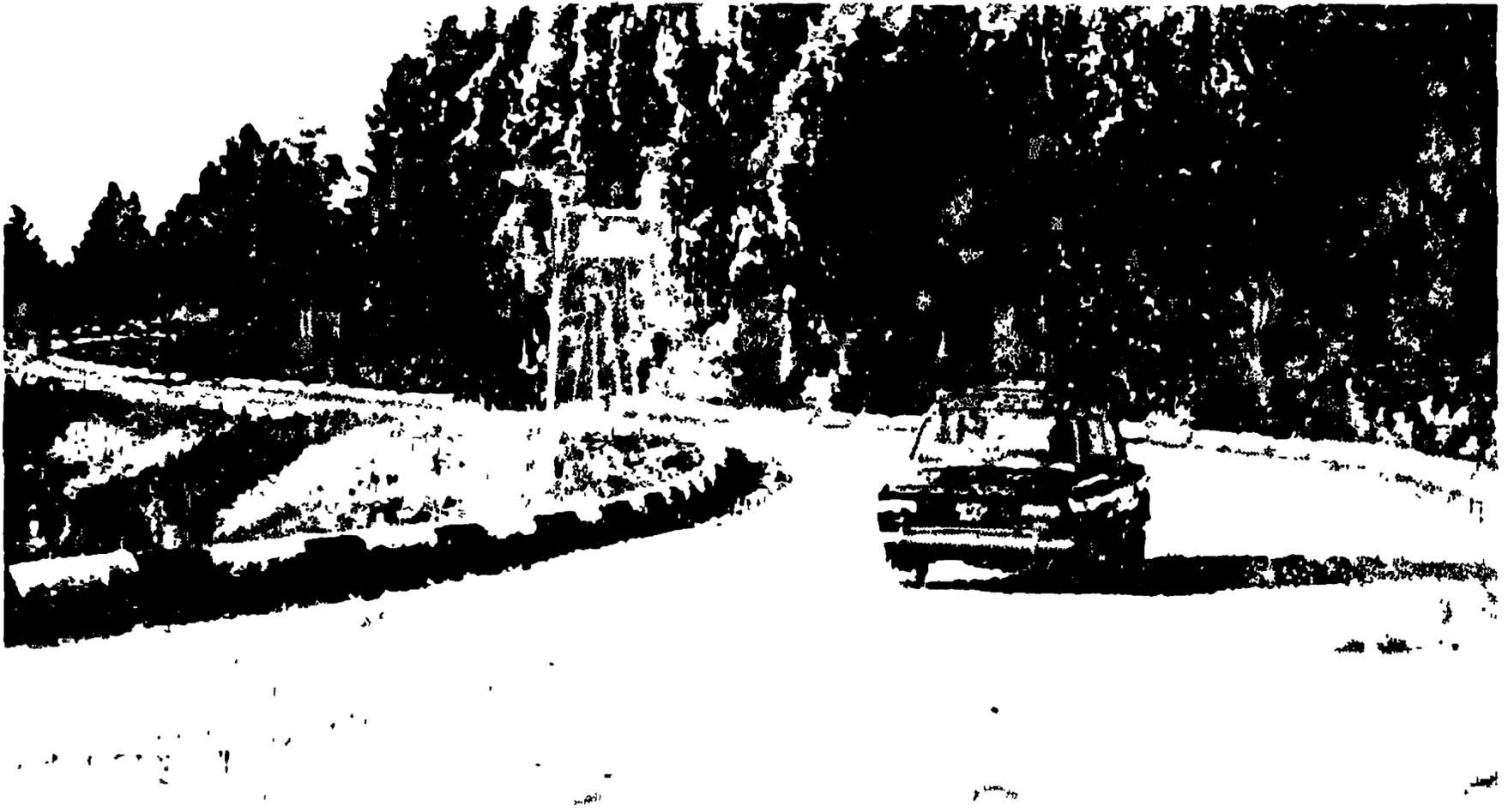


Рис. 9.18. Ограждение из железобетонных балок («криволинейный брус»)

на удар в середину пролета между опорными стойками легкового автомобиля массой 2 т со скоростью 60 км/ч под углом  $25^\circ$ . При этом отрицательное ускорение, действующее на водителя, использующего ремни безопасности, не должно превышать  $12g$  и длиться более 0,3 с.

В процессе развития конструкции ограждений, устанавливаемых на дорогах, появились следующие их типы — из натянутых тросов (рис. 9.17), из железобетонных балок (рис. 9.18), из прокатных металлических полос, получившие наибольшее распростра-

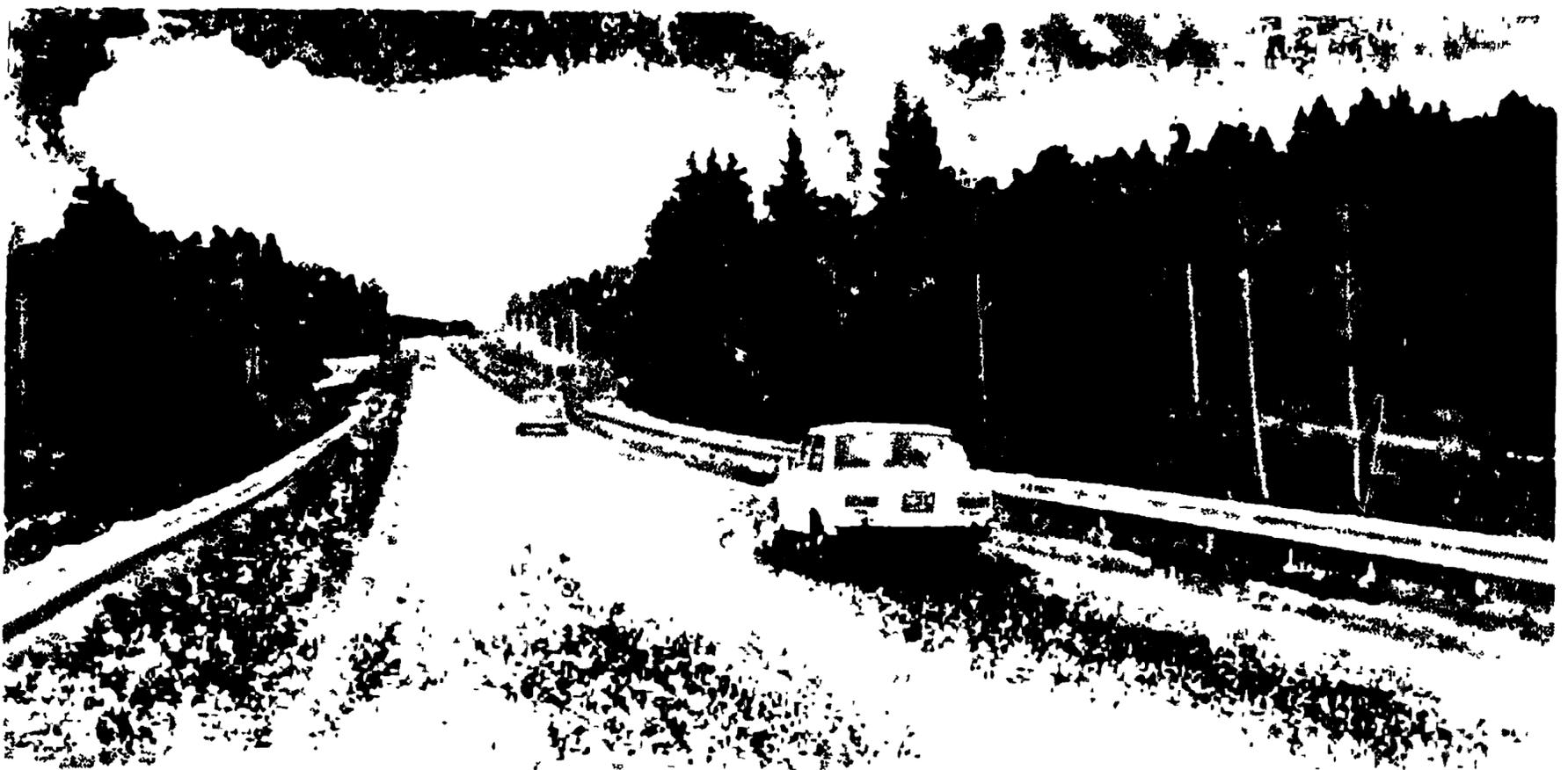


Рис. 9.19. Ограждение из металлических прокатных полос

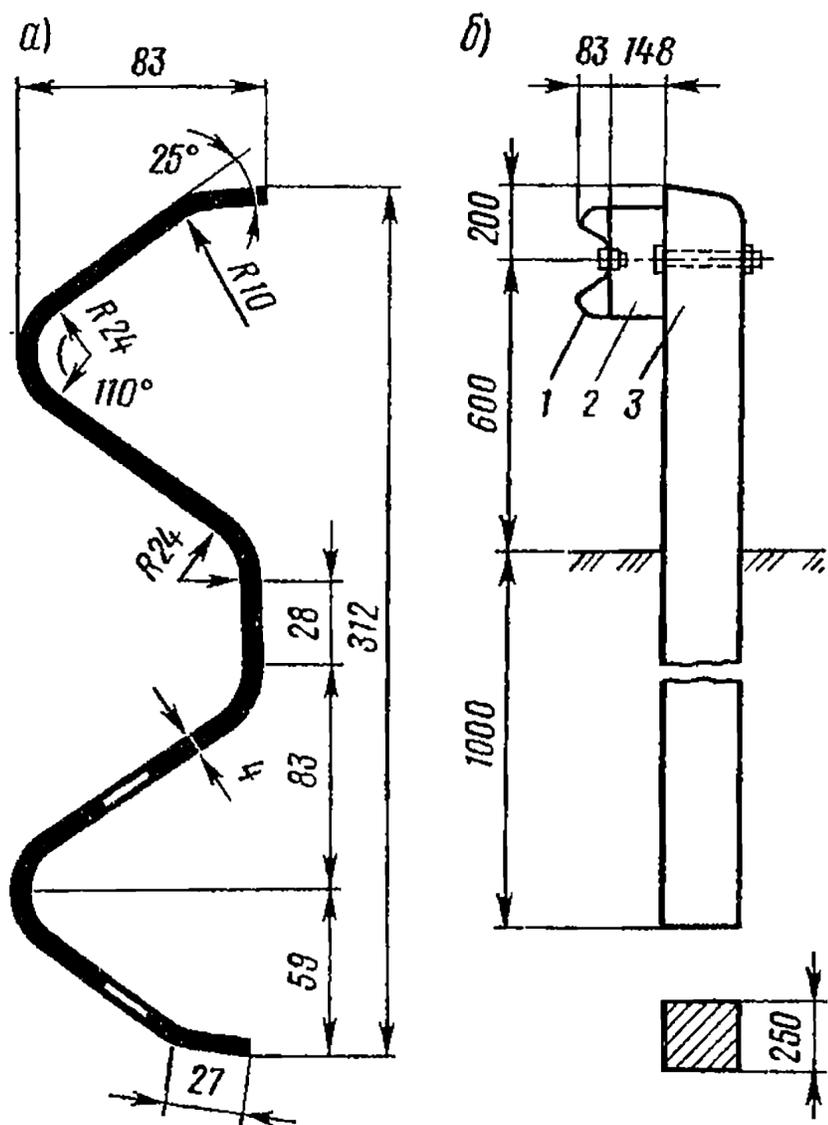


Рис. 9.20. Конструкция металлических ограждений, применяемых в России: а — профиль прокатной стальной полосы; б — схема крепления полосы на стойке; 1 — стальная полоса; 2 — прокладка из швеллера; 3 — столб

для металлических ограждений, железобетонные ограждения были удобны в эксплуатации. Недостаток их заключается в большой жесткости, в результате которой легковые автомобили иногда опрокидываются через барьер, а тяжелые грузовые автомобили и междугородные автобусы ограждение ломают. Типовые железобетонные ограждения рассчитаны на равномерно распределенную нагрузку 0,004 МПа.

Тросовые ограждения также были одним из первых предложенных типов ограждений. Они дают возможность подобрать расположение тросов по высоте таким образом, чтобы удерживать автомобили всех типов. Эти ограждения хуже видны ночью и в туман, чем планочные, и поэтому меньше помогают ориентированию водителей в дальнейшем направлении дороги. Тросы должны быть натянуты усилием не менее 110 кН. При меньшем натяжении при наезде автомобиля они сильно оттягиваются. Хотя это существенно снижает силу первоначального удара, но затем автомобиль, скользя в образующемся «кармане», ударяется о столб. Для снижения этой опасности применяют пружинящие рессорные крепления. Тросовые ограждения удобны в районах с сильными

нение (рис. 9.19). Сравнительно недавно появились ограждения парапетного типа из высоких массивных бетонных блоков. Последний тип имеет характерный поперечный профиль, отклоняющий наехавший автомобиль и вызывающий его торможение за счет трения шин о наклонную бетонную поверхность.

В России, если не считать массивных парапетов из каменной кладки, устраивавшихся на горных дорогах еще в период конного движения, установку ограждений начали с железобетонных балок. Эти ограждения, получившие название криволинейного бруса, обладают достаточной прочностью для удержания легковых автомобилей, хорошо отклоняют их колеса и хорошо вписываются в ландшафт, способствуя зрительному ориентированию водителей. В условиях дефицита металлического проката, не требуя за собой ухода и тщательной противокоррозионной окраски, необходимой

метелями, так как около них не образуются отложения снега. Такие ограждения получили распространение на юге Украины, где для них используют старые тросы подъемников каменно-угольных шахт. Недостаток этих ограждений заключается в том, что они при наездах сильнее повреждают легковые автомобили и могут травмировать пассажиров.

В настоящее время в России на магистральных дорогах наибольшее распространение имеют ограждения из прокатных стальных полос, выпускаемых по проектам Союздорпроекта в Волгодонске и Запорожье (рис. 9.20). При согласовании жесткости прокатных полос и стоек при наезде автомобиля стойки изгибаются и в сопротивление вовлекаются несколько пролетов.

За рубежом запатентовано большое количество типов металлических ограждений и пружинящих конструкций для их крепления к опорным столбам. Чтобы ограждение хорошо работало при наездах как легковых, так и тяжелых грузовых автомобилей, предложены двойные ограждения. Первый ряд планок, рассчитанный на действие легковых автомобилей, сминается при наезде грузовых автомобилей, удар которых воспринимается вторым рядом более прочных планок.

Особым случаем является установка ограждений на разделительной полосе автомобильных магистралей. Помимо предупреждения встречных столкновений автомобилей, они препятствуют очень частым попыткам разворотов с переездом через разделительную полосу, очень опасным при интенсивном движении. На ряде английских и итальянских магистралей количество смертельных исходов при столкновениях автомобилей снизилось на 40%. Поскольку

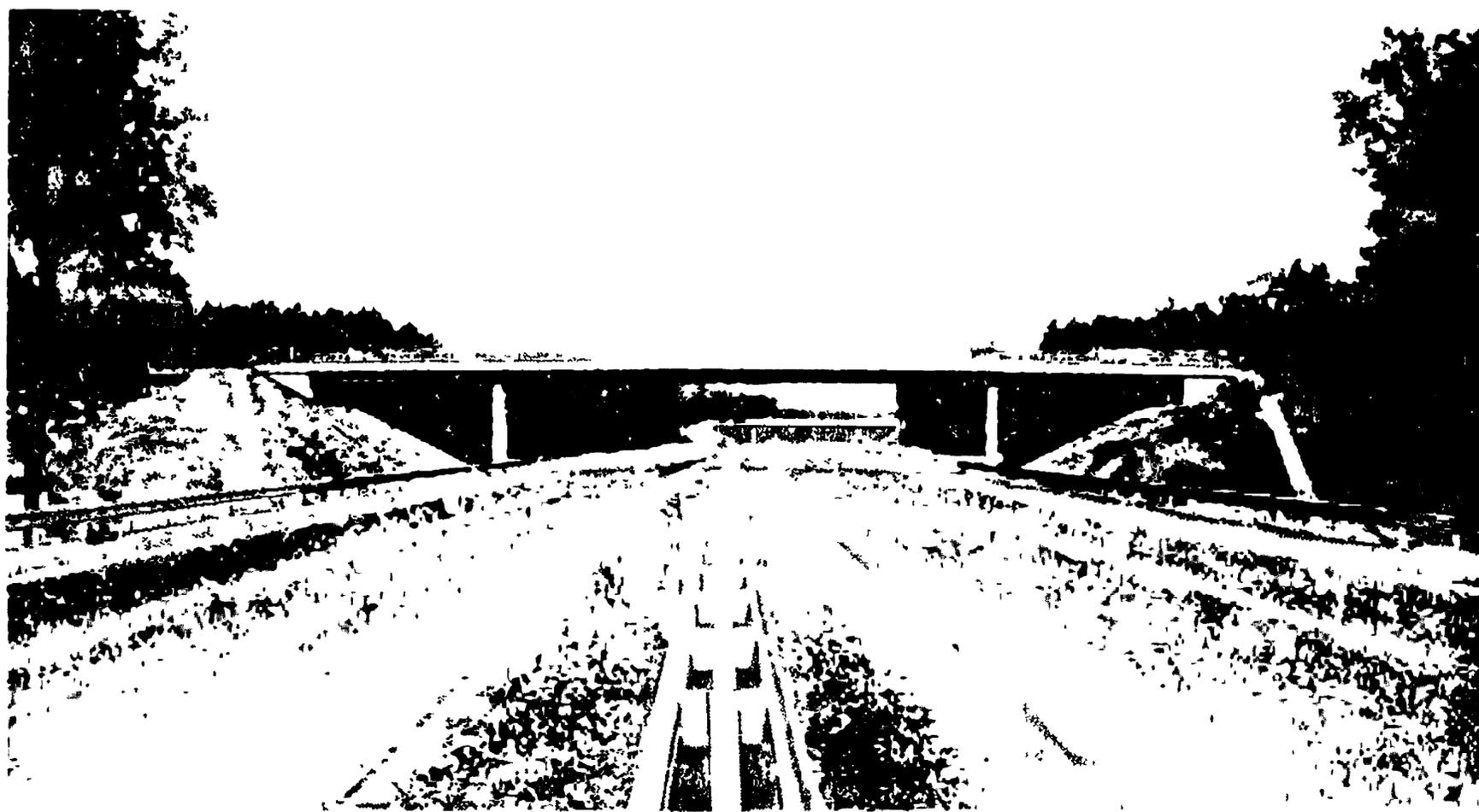


Рис. 9.21. Двухстороннее ограждение на разделительной полосе

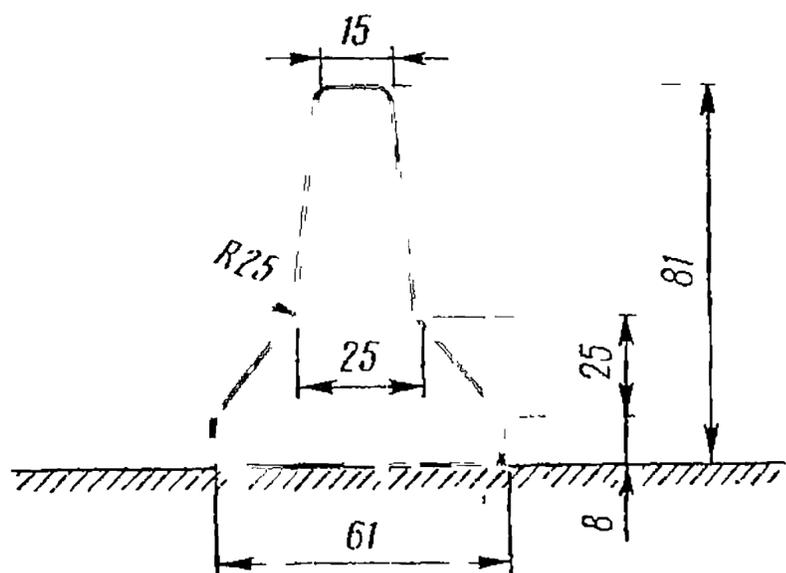


Рис. 9.22. Высокий бетонный барьер типа «Нью-Джерси»

для ограждений используют монолитные или сборные массивные бетонные ограждения парапетного типа (рис. 9.22). Наибольшее распространение получили ограждения типа «Нью-Джерси» (см. рис. 9.22), устанавливаемые по оси разделительной полосы или у края земляного полотна. Их конструкция обеспечивает плавное отклонение автомобиля вдоль полосы движения. Массивные бетонные ограждения барьерного типа получили в послед-

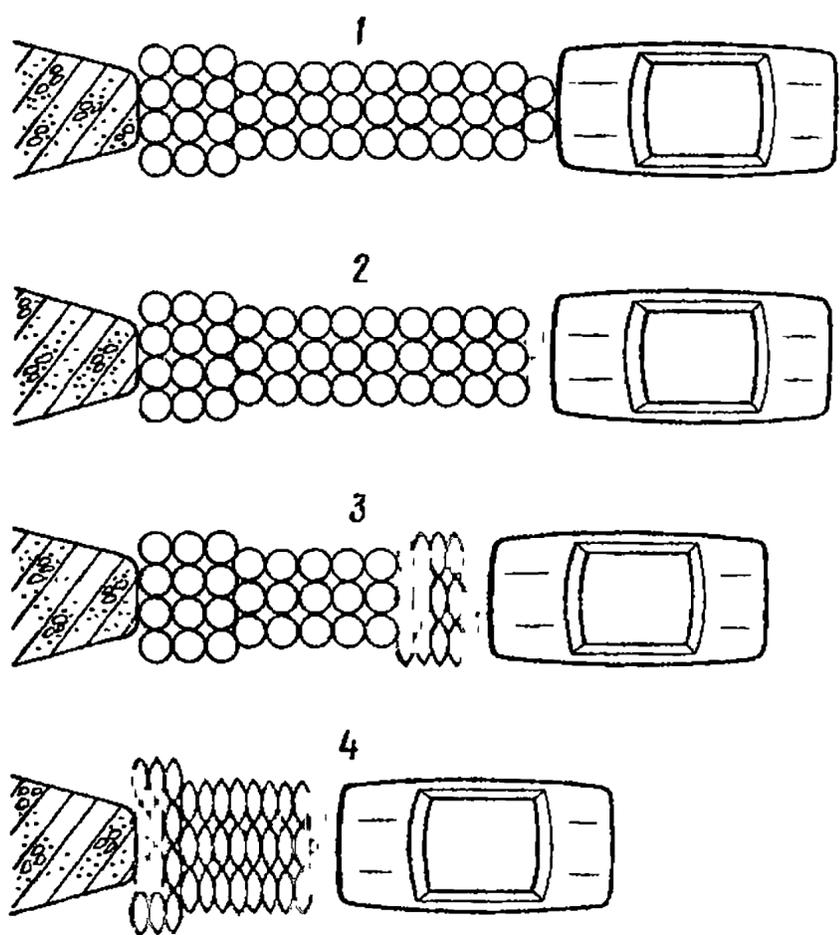


Рис. 9.23. Схема гашения энергии наехавшего автомобиля ограждением из сильно деформирующихся элементов:

1 — момент соприкосновения; 2 — деформирование первого ряда элементов; 3 — развитие процесса деформаций; 4 — окончание процесса деформирования

на разделительных полосах автомобильных магистралей имеется равная вероятность переезда автомобилей с каждой из проезжих частей, там устанавливают ограждения с планками, расположенными с двух сторон опорных столбов (рис. 9.21).

При необходимости ограничить проникание задерживаемых автомобилей в ограждаемую зону, например при иногда оставляемой при реконструкции дорог ширине разделительной полосы 2 м,

для ограждений используют монолитные или сборные массивные бетонные ограждения парапетного типа (рис. 9.22). Наибольшее распространение получили ограждения типа «Нью-Джерси» (см. рис. 9.22), устанавливаемые по оси разделительной полосы или у края земляного полотна. Их конструкция обеспечивает плавное отклонение автомобиля вдоль полосы движения. Массивные бетонные ограждения барьерного типа получили в последние годы распространение в Узбекистане, поскольку они дают возможность уменьшить до 2 м ширину разделительной полосы, что имеет большое значение в условиях высокоурожайных поливных земель. Однако в более северных зонах они не могут быть рекомендованы в связи с трудностями, которые будут возникать при зимнем содержании дороги, особенно при снегоочистке.

Проведенный в США сравнительный анализ эффективности различных типов ограждений на разделительной полосе показал, что количество происшествий со смертельными исходами на 100 млн. авт-км составляло при тросовых ограждениях 0,15, при ограждениях из металлических планок — 0,12, при ограждениях типа «Нью-Джерси» — 0,15.

При защите промежуточных опор путепроводов на раздели-

тельной полосе и у разветвлений дорог под острым углом отклонение наехавших автомобилей ограждениями назад, на проезжую часть создает при высокой интенсивности движения опасность серьезного «цепного» наезда нескольких автомобилей. В этом случае используют новый тип удерживающих ограждений «фронтального типа» из сильно деформирующихся материалов (рис. 9.23). Он основан на рационализаторских предложениях складывать перед возможным препятствием штабеля слабо связанных проволокой старых шин, пустых канистр из-под масла и других легко деформирующихся предметов.

В дальнейшем для таких ограждений начали применять специально изготавливаемые блоки из вермикулитового бетона на минеральной основе из вспученной нагретом слюды, который сжимается и разрушается даже при нажиме пальцем. Используют также гибкие пластиковые баллоны, частично заполненные песком или водой. Особенность этих ограждений — постепенное вовлечение в работу сопротивления возрастающего количества элементов.

В порядке эксперимента испытывали улавливающие «охватывающие» устройства, аналогичные применяемым на авианосцах для сокращения пробега садящихся самолетов.

## 9.7. Улучшение условий ночного движения

Условия движения по дорогам значительно осложняются в темный период суток. Днем в ясную погоду водитель на прямом участке замечает пешехода на расстоянии более 1 км. При дождях и снегопадах в зависимости от их интенсивности видимость снижается, но лишь в особо неблагоприятных случаях уменьшается до 200 м. Ночью при освещении дороги дальним светом фар на прямом участке дороги можно увидеть предмет на покрытии лишь за 100—130 м, на расстоянии много меньшем, чем необходимое для безопасного движения с высокими скоростями. В кривых в плане и продольном профиле пучок света от фар, распространяющийся по направлению продольной оси автомобиля, освещает еще меньший участок дороги.

Видимость при освещении предмета или пешехода на дороге зависит от соотношения яркостей их и фона, на который они проецируются. Необходимое условие начала видимости выражается зависимостью

$$\frac{V_{об} - V_{ф}}{V_{ср}} \geq \frac{\Delta V}{V_{ф}},$$

где  $V_{об}$  и  $V_{ф}$  — яркости дорожного покрытия и объекта;  $\Delta V$  — минимальная разность яркостей, которую воспринимает глаз.



Рис. 9.24. Экран на разделительной полосе для защиты от ослепления

По данным В. П. Залуги, на дороге с асфальтобетонным покрытием водитель различает при скорости 60 км/ч при дальнем свете фар пешехода в черной одежде за 100 м, в коричневой — за 125 м, в темно-серой — за 140 м. В связи с изменениями условий зрительного восприятия предметов расстояние видимости уменьшается в среднем на 4 м на каждые 10 км/ч увеличения скорости.

Опасность ночного движения повышается в связи с тем, что, как показывают наблюдения, скорости ночью при движении со светом фар изменяются очень мало, уменьшаясь в среднем не более чем на 10 км/ч. Поэтому, несмотря на спад интенсивности в ночное время суток, количество дорожно-транспортных происшествий непропорционально велико. Грубо осредняя данные статистики, можно считать, что хотя от  $\frac{2}{3}$  до  $\frac{3}{4}$  поездок происходит в светлое время суток, количества происшествий ночью и днем относятся соответственно как 1:2. Около 10% их случается в сумерки. При этом количество происшествий со смертельным исходом на 1 млн авт-км пробега ночью в 2,5 раза больше, чем днем. Особенно много происшествий случается в вечерние и утренние сумерки.

Существуют методы улучшения ориентирования водителей при ночном движении — устройство дорожных покрытий из светлых материалов (осветленные покрытия), осевая и краевая разметки проезжей части, применение дорожных знаков с рефлексирующей или освещаемой поверхностью, установка на разделительной полосе противоослепляющих ограждений (рис. 9.24) и самое надежное — устройство электрического освещения. В 50-е годы за рубе-

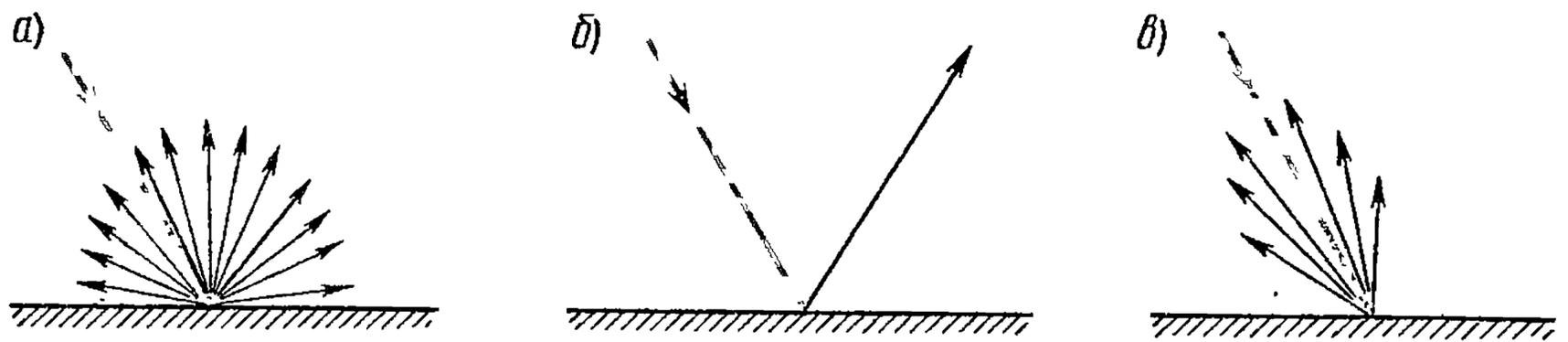


Рис. 9.25. Различные виды отражения света от поверхности

жом при реконструкции дорог с асфальтобетонными покрытиями успешно применяли устройство краевых полос из светлого цемента-бетона.

Устройство покрытий из цементабетона, поверхностная обработка из светлых каменных пород способствует повышению контрастности между силуэтом пешехода или препятствием на дороге и покрытием, на фоне которого водитель видит пешехода. Хорошие результаты дает применение для поверхностной обработки искусственных белых каменных материалов — люксовита, синопала и отечественных термолита и дорсила.

Однако спустя сравнительно короткий период службы положительный эффект осветленных покрытий снижается из-за загрязнения продуктами износа шин и автомобильными смазочными маслами.

Большую роль в безопасности ночного движения играет видимость дорожных знаков, которая у обычных ночью резко снижается. Их шероховатая поверхность рассеивает свет во всех направлениях (диффузное отражение, рис. 9.25, а) и лишь малая его часть возвращается к водителю. В дождливую погоду, когда пространства между выступами шероховатостей заполняются водой, возможно зеркальное отражение (рис. 9.25, б), при котором гладкая поверхность знака отражает лучи света под углом, равным углу их падения, и кажется водителю темной. Поэтому поверхность современных знаков делают рефлектирующей, возвращающей большую часть падающего света в обратном направлении, близком к первоначальному (рис. 9.25, в).

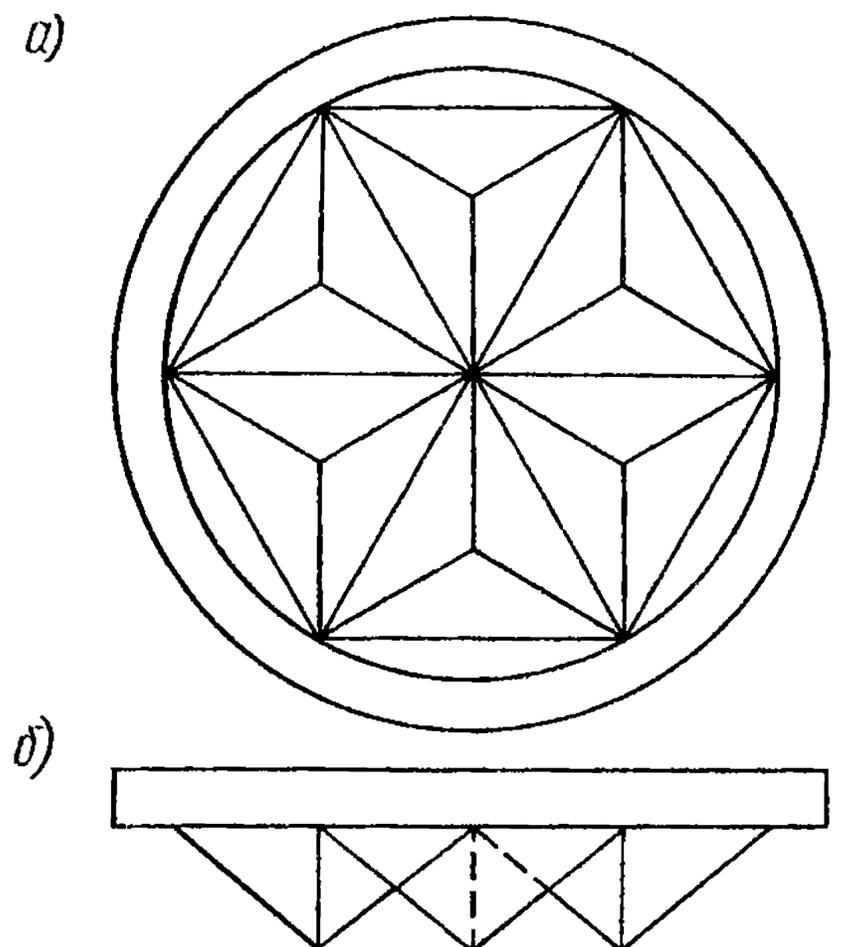


Рис. 9.26. Конструкция световозвращающей линзы:

а — вид сверху; б — вид сбоку

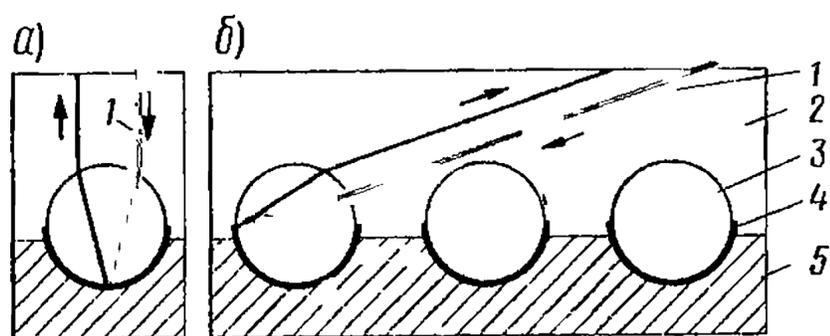


Рис. 9.27. Схема отражения светового потока световозвращающими пленками:

*a* — при перпендикулярном падении светового потока к поверхности знака; *б* — при падении под острым углом;  
 1 — световой луч; 2 — прозрачный слой;  
 3 — микрошарик; 4 — отражающий слой;  
 5 — основа

Первые стеклянные отражатели, так называемые катафоты («кошачьи глаза» — cats eyes), имели плоские грани, от которых зеркально отражались падающие лучи света (рис. 9.26). Их недостатком были сравнительно большие размеры (площадь не менее  $0,5 \times 0,5$  см) и легкость повреждения знаков. Теперь для знаков используют световозвращающую цветную пленку, на которую наклеены мельчайшие стеклянные шарики-линзы диаметром 40—80 мкм. Сверху на пленку наносят защитный прозрачный слой,

предохраняющий шарики от загрязнения (рис. 9.27). Из световозвращающей пленки вырезают эмблемы или буквы, наклеиваемые на окрашенную основу из металлического листа.

В простейших пленках мелкие стеклянные шарики приклеивают прозрачным лаком на зеркальную поверхность алюминиевой фольги (рис. 9.28). Размеры шариков из одной партии не должны различаться более чем на 5 мкм. Нижние слои пленки состоят из клеевого слоя и прочного бумажного основания, к которому не прилипает клей, нанесенный на обратную сторону алюминиевой фольги. При изготовлении знаков бумага легко отделяется и световозвращающий слой прочно приклеивается к металлическому основанию знака. При более совершенной технологии изготовления световозвращающей пленки зеркальный слой наносят непосредственно на шарики методом вакуумной металлизации.

Во время зимнего повышения температуры дорожные знаки покрываются инеем. Чтобы сократить продолжительность этого состояния или предотвратить его, используют ячеистую пленку (см. рис. 9.27, б), в которой еще более мелкие шарики помещают в шестиугольные ячейки по типу пчелиных сот, содержащие замкнутый объем воздуха. Воздушная прослойка играет роль теплоизоляционного слоя.

Существенно улучшить условия ночного движения ночью можно только введением искусственного освещения дороги. Оно снижает количество дорожно-транспортных происшествий в ночное время в среднем на 25%, причем число смертельных исходов уменьшается на 20%, а материальный ущерб — на 25%. По данным транспортной и дорожной исследовательской лаборатории Великобритании, если принять относительное количество раненых при дорожно-транспортных происшествиях на 1 млн авт-км пробега в дневное время за 1, то при движении ночью при свете фар оно равно 2, плохом искусственном освещении — 1,8, среднем — 1,6 и хорошем — 1,3.

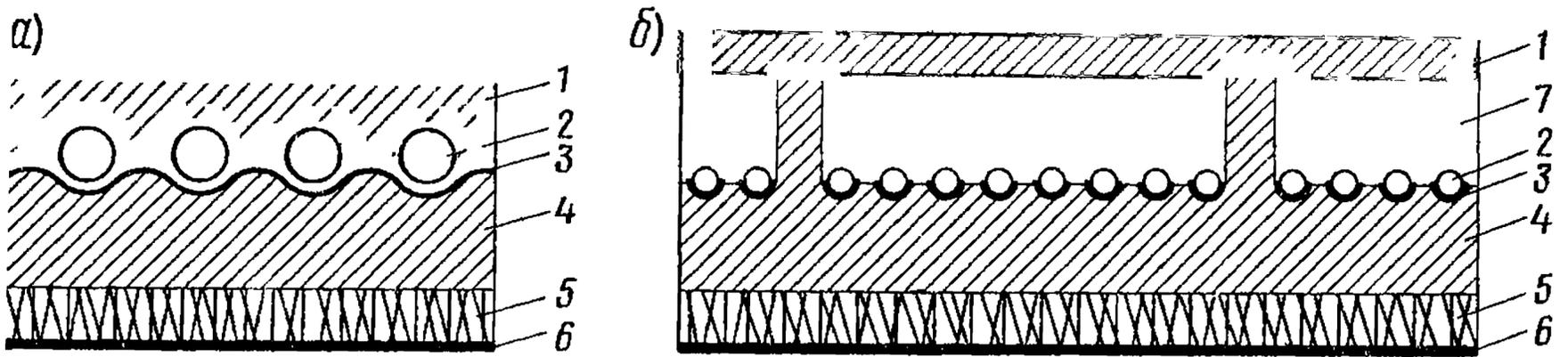


Рис. 9.28. Конструкции световозвращающих пленок:

*a* — простейшая; *б* — ячеистая;  
 1 — цветной защитный слой; 2 — микрошарики; 3 — световозвращающий слой; 4 — основа; 5 — слой липкого клея; 6 — крафт-бумага, удаляемая перед наклеиванием пленки на знак; 7 — воздушная прослойка

К. Тернер установил по данным о дорожно-транспортных происшествиях в городских условиях в Сиднее, что отношение числа происшествий днем и ночью выражается зависимостью

$$K = \kappa_1 - \kappa_2 \lg E,$$

где  $E$  — освещенность проезжей части, характеризуемая световым потоком ламп, приходящимся на 30,5 м длины полосы движения, лм;  $\kappa_1$  и  $\kappa_2$  — постоянные величины, равные по его данным соответственно 1,64 и 0,27. Увеличение светового потока с 1800 до 12 500 лм снижает количество происшествий на 26%.

Данные о числе ночных происшествий с смертельными исходами и ранениями на 1 млн авт-км дают следующие результаты:

Освещенность, лк . . . . .	3,7	9,5	14
Число происшествий . . . . .	6,43	2,3	1,09

Экономические расчеты даже при средней интенсивности движения всегда показывают эффективность искусственного освещения дорог при учете потерь от дорожно-транспортных происшествий. Стоимость искусственного освещения обычно не превышает 2—4% общей стоимости постройки современной автомобильной магистрали. Поэтому экономия от исключения искусственного освещения в местах сосредоточения пешеходов и резкого изменения дорожных условий является кажущейся.

Согласно строительным нормам и правилам на автомобильные дороги стационарное освещение автомобильных дорог следует предусматривать:

- на участках прохода через населенные пункты;
- на дорогах I категории, если за первые 5 лет эксплуатации расчетная интенсивность движения превысит 20 тыс. авт/сут;
- на средних и больших мостах. Суточная интенсивность движения, при которой оборудуют освещение, зависит от длины моста и протяженности необходимой для этого линии электропередачи;
- на комплексах обслуживания движения и автозаправочных станциях;

на пересечениях дорог I и II категорий в одном и разном уровнях, а также на съездах и подходах к пересечениям на расстоянии не менее 250 м от начала переходно-скоростных полос;

на железнодорожных переездах;

в автодорожных и пешеходных тоннелях и на подходах к ним; под путепроводами, если длина проезда под ними превышает 30 м;

на автобусных остановках, у расположенных вблизи от дороги клубов, кинотеатров и других мест сосредоточения пешеходов в населенных пунктах при отсутствии уличного освещения, если для этого требуется линия электропередачи длиной не более 2 км и имеется указание ГАИ.

На освещаемых участках автомобильных дорог вне населенных пунктов средняя яркость проезжей части дорог и мостов должна составлять  $0,8 \text{ кд/м}^2$  на дорогах I категории и  $0,6 \text{ кд/м}^2$  на дорогах II категории и  $0,4 \text{ кд/м}^2$  на съездах пересечений в разных уровнях. Средняя горизонтальная освещенность обочин не должна быть ниже 8 лк на дорогах I категории, 6 лк на дорогах II категории и 4 лк на съездах пересечений.

Яркость и освещенность проезжей части на разных расстояниях от светильников неодинакова. Большое значение имеет равномерность освещения. При слишком больших расстояниях между светильниками на покрытии создаются яркие пятна, чередующиеся с темными неосвещенными местами. Отношение максимальных значений освещенности к средним должно составлять не более 3:1 на дорогах I категории при средней освещенности 6—8 лк и 5:1 при освещенности 4 лк.

Участки перехода от светлых к темным участкам дорог всегда являются местами сосредоточения дорожно-транспортных происшествий. Глаза водителя при быстром переходе от освещенного участка дороги к темному не успевают приспособиться к перемене яркости, и некоторое время он плохо различает дорожную обстановку. Поэтому на въездах в тоннели обычно предусматривают меры обеспечения плавности перехода от дневного света к искусственному освещению. Для этого начальные участки тоннеля днем

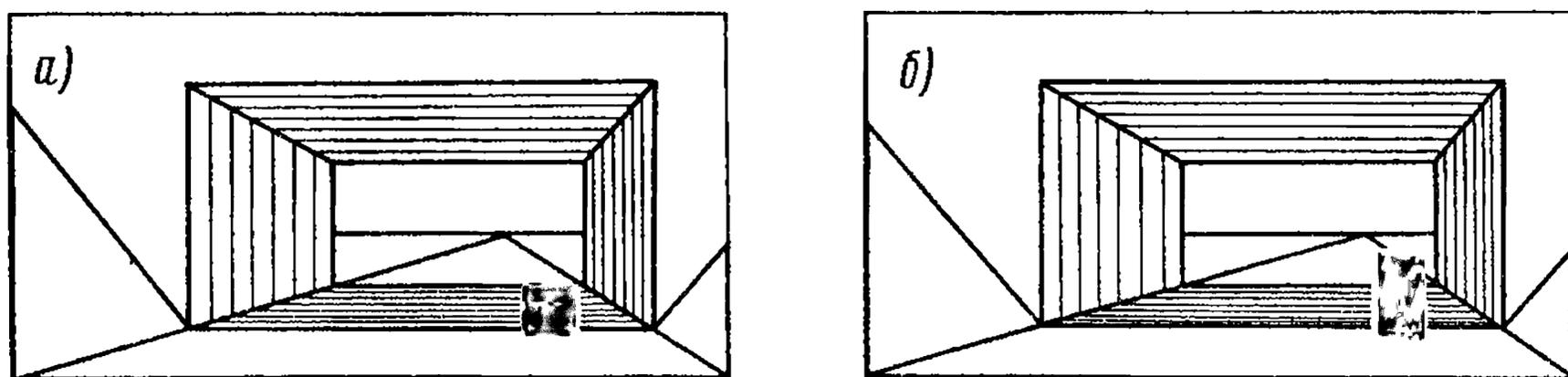


Рис. 9.29. Видимость препятствия под мостом:

*а* — невысокое препятствие скрывается в тени; *б* — высокое препятствие можно различить по его тени

усиленно освещаются, а над входами в тоннель устраивают решетчатое, постепенно сгущающееся перекрытие. В ночное время освещенность концевых участков постепенно уменьшается.

Опасность и неудобство для движения представляют и широкие путепроводы на пересечениях в разных уровнях. При расположении солнца над пересекающей дорогой мост зрительно воспринимается как темное отверстие, в котором может скрываться невысокое препятствие, создающее большую опасность возникновения дорожно-транспортного происшествия при наезде автомобиля (рис. 9.29).

### **9.8. Обеспечение безопасности движения при ремонтных работах на дороге**

При выполнении на дорогах ремонтных работ по возможности переводят движение на параллельные маршруты или закрывают движение по проезжей части, устраивая временный объезд по обресту. Однако на двухполосных дорогах чаще всего работы поочередно выполняют на половине проезжей части, пропуская движение в обе стороны по другой половине. Участки ремонтных работ становятся местами повышенной опасности. Из случающихся на них происшествий 16% составляют наезды на работающих и пешеходов, 20% — на сложенные материалы и дорожные машины, 43% — столкновения автомобилей и 11% — попадание их в разрытия.

Используемые дорожные машины и оборудование, находящееся в зоне работ, должны быть окрашены в ярко-желтый цвет с наклонными черными полосами на частях, определяющих его габарит. В темный период суток, когда не ведут работы, машины должны быть удалены на придорожную полосу или, в крайнем случае, оставлены не ближе чем в 1,5 м от границы полосы, по которой осуществляется движение, и ограждены с обеих сторон барьерами с окраской в виде чередующихся полос белого и красного или оранжевого цвета. С наступлением темноты на ограждениях зажигают желтые фонари. Работающие должны быть одеты в куртки или жилеты оранжевого цвета.

Чтобы не создавать значительных помех для автомобильного движения, протяженность одновременно ремонтируемого участка дороги не должна превышать в зависимости от интенсивности движения следующей длины:

Интенсивность движения, авт/ч . . . . .	100	200	300	400	500
Протяженность, м . . . . .	350	150	80	50	30

Если технология ремонтных работ требует закрытия большого участка дороги, на используемых полосах проезжей части должно быть введено искусственное регулирование движения светофорами

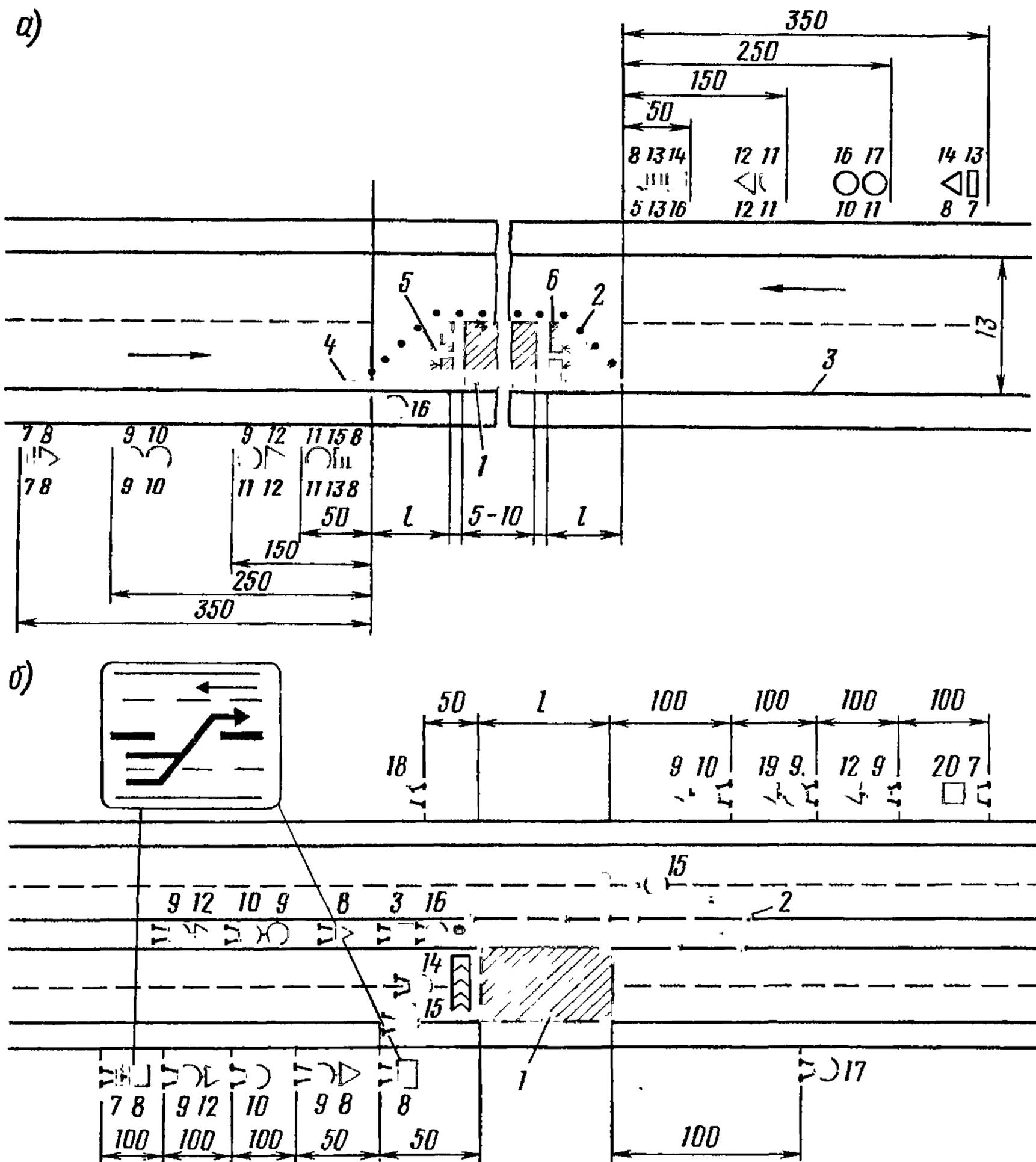


Рис. 9.30. Установка временных ограждений в местах ремонта на автомобильных дорогах:

а — на дорогах с двумя полосами движения; б — на автомобильной магистрали с раздельными проезжими частями при запрещении движения по трем полосам движения; 1 — зона дорожных работ; 2 — направляющие конуса; 3 — указатель перестроения на другую проезжую часть; 4 — разметка проезжей части; 5 — ограждающие барьеры; 6 — сигнальные фонари или световозвращающие элементы; 7 — знак дополнительной информации о расстоянии до места работ 7.1; 8 — знак 1.23 «Дорожные работы»; 9 — знак 3.24 «Ограничение максимальной скорости»; 10 — знак 3.20 «Обгон запрещен»; 11 — знак 2.6 «Преимущество встречного движения»; 12 — знаки 1.18.2 и 1.18.3 «Сужение дороги»; 13 — знак дополнительной информации 7.21 «Зона действия»; 14 — знак 2.7 «Преимущество перед встречным движением»; 15 — указатель перестроения на другую проезжую часть; 16 — предписывающий знак 4.2.1 «Объезд препятствия справа»; 17 — знак 3.31 «Конец зоны всех ограничений»; 18 — предписывающий знак 4.2.2 «Объезд препятствия слева»; 19 — предупреждающий знак 1.19 «Двухстороннее движение»; 20 — информационный знак 5.8.5, 5.8.6 «Конец полосы»

или регулировщиками, а в горной местности, когда ремонтируемый участок не просматривается, — то по жезловой системе.

Для предупреждения водителей о ведущихся работах устанавливают ряд временных дорожных знаков, само место работ ограждают переносными штакетными барьерами, а путь объезжающих автомобилей обозначают направляющими металлическими или резиновыми конусами, окрашенными полосами в красный и белый или желтый цвет. Установка конусов должна соответствовать плавной траектории объезда из условия, чтобы наклон линии конусов к бровке дороги составлял не менее 1:10 — 1:15. На рис. 9.30 показаны схемы и расстояния установки знаков на дорогах при ремонтных работах. При многополосных автомобильных магистралях приходится предпринимать специальные меры против возникновения заторов при въезде на суженное место автомобилей с нескольких полос движения, вводя регулирование движения.

При сравнительно мелких работах, завершаемых в течение одного дня, за рубежом, помимо ограждений и линий конусов, используют большие передвижные знаки на прицепах, видимые издали и привлекающие к себе большее внимание водителей, чем обычные стандартные дорожные знаки (рис. 9.31).

После некоторых ремонтных работ в течение нескольких дней требуется повышенное внимание при движении. Свежеуложенные асфальтобетонные покрытия с жирной маслянистой поверхностью обладают повышенной скользкостью, особенно во время дождей. Если не принимать предупредительных мер, то наблюдается рост числа дорожно-транспортных происшествий, пока не износится пленка битума на поверхности выступающих каменных частиц. На новых поверхностных обработках неукрепившиеся щебенки, отбрасываемые ведущими колесами автомобилей, часто разбивают ветровые стекла следующих за ними автомобилей. На таких участках должны быть установлены, кроме знаков ограничения скорости, большие щиты с надписями, разъясняющими водителям причины опасности, например «Осторожно! Участок очень скользкий

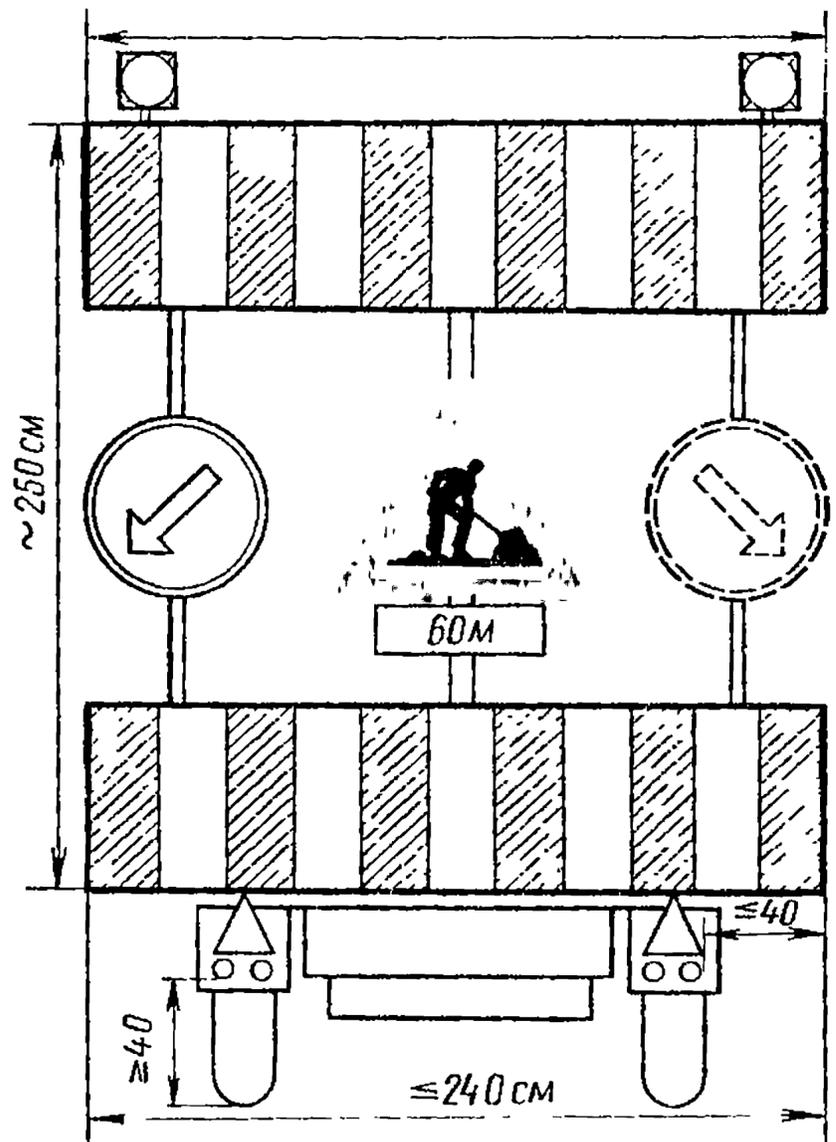


Рис. 9.31. Большой знак на автомобильном прицепе для обозначения места ремонтных работ

во время дождя. Скорость не более 30 км/ч» или «Внимание! Рыхлый щебень. Дистанция между автомобилями 30 м» и др.

По мере окончания работ дорожные знаки, ставшие ненужными, должны сразу удаляться. Нередки случаи, когда временно установленные знаки дорожных работ или ограничения скорости месяцами не удаляли с дороги, вызывая у водителей неуважительное отношение и к другим знакам, действительно обеспечивающим безопасность движения.

### **9.9. Организация перевозок большегабаритных и тяжеловесных грузов и пропуск интенсивного движения**

Особые меры предосторожности требуются со стороны дорожников при перевозке по дорогам в случае невозможности доставки их по частям или другими видами транспорта крупногабаритных и тяжеловесных грузов, размеры которых превышают установленные Правилами дорожного движения. На перевозку требуется специальное разрешение ГАИ и дорожной организации, которая предварительно должна провести обследование прочности дорожной одежды, грузоподъемности мостов, обеспеченности прохода нагрузки габаритами мостов с ездой понизу и под пересекающими дорогу проводами линий связи и электропередачи.

Прочность одежды устанавливают на основе анализа имеющихся в дорожных организациях линейных графиков, которые содержат данные о толщинах одежды и сроках выполнения работ по ремонту разных участков. Должны быть учтены сведения линейного дорожного персонала о местах проявления пучин. В местах, где контрольные расчеты прочности покажут малый коэффициент запаса прочности дорожной одежды, должны быть проведены контрольные испытания с помощью прогибомеров или машин ударного действия. При расчетах прочности и ее оценке опытным путем следует учитывать фактические модули упругости грунта в момент испытаний и при предстоящих перевозках.

Отдельные короткие участки с недостаточной прочностью одежды могут быть усилены укладкой по тонкой песчаной прослойке плит сборных бетонных покрытий. При общей недостаточной прочности одежды должна быть рассмотрена возможность отсрочки перевозки на зимний период, когда грунт будет находиться в мерзлом состоянии. Должно быть предусмотрено необходимое усиление мостов, вплоть до постройки рядом временных низководных мостов, оборудованных надежными к ним подъездами с прочной одеждой временного типа.

Грузы шириной более 4 м и выступающие за пределы своей полосы движения по проезжей части при перевозке или длиной свыше 30 м сопровождают патрульным автомобилем ГАИ, а на

дорогах с большими подъемами — дополнительными тягачами или толкачом. Перевозки осуществляют в светлое время суток, в периоды спада интенсивности движения. При негабаритных грузах автомобиль ГАИ, следуя впереди, прикрывает выступающую часть перевозимого груза. К тяговым средствам и к их тормозному устройству предъявляют повышенные требования в отношении тормозных устройств, обеспечивающих стоянку на уклонах до 160‰ и устройства для автоматической остановки при разрыве соединительной магистрали, ведущей к основному тяговому средству.

Сверхнормативные нагрузки проезжают мосты со скоростью не более 10 км/ч без остановок, следуя по оси моста или линии, указанной дорожно-эксплуатационной организацией. Габариты, если они выступают от габаритных огней трейлера более чем на 40 см, обозначают дополнительными фонарями — спереди белого, а сзади красного цвета и сигнальными щитками 40×40 см с нанесенными по диагонали чередующимися красными и белыми полосами. При большой высоте груза на автомобиле прикрытия устанавливают штангу с сигнальной лампочкой желтого цвета, на 5—10 см превышающей высоту габарита автопоезда. При длине автопоезда более 20 м сзади рекомендуется устанавливать табличку с указанием его длины.

Особой подготовки требует обеспечение кратковременного интенсивного движения по дорожной сети, примером которого являются перевозки во время сельскохозяйственных уборочных компаний по внутрихозяйственным и местным дорогам, в подавляющей своей части не имеющим твердых дорожных одежд. К этим перевозкам часто привлекают автомобильные хозяйства из других областей и используют большегрузные автомобили и автопоезда.

При сухой летней погоде, типичной для уборки зерновых культур, скорости автомобилей бывают высокими и не соответствуют геометрическим элементам дорог — малым радиусам кривых в плане, необеспеченной видимости, неудачно расположенным въездам на дорогу с прилегающих полей. Должна быть продумана сеть используемых полевых дорог, произведен их ремонт, проверена грузоподъемность мостов и выполнено в случаях необходимости их усиление. Для ориентировки водителей маршруты перевозок должны быть обставлены дорожными знаками и указателями, рассчитанными и на ночную видимость.

Большую опасность для перевозок создает сильная пыльность грунтовых дорог. В Южном Поволжье, по данным М. М. Девятова, при интенсивности движения от полей к токам 50 авт/сут и от полей к заготовительным пунктам 200 авт/сут было зарегистрировано 0,67 происшествий на 1 млн авт-км. Поднимающиеся облака пыли делают безопасным движение только при интервалах между автомобилями 190 м при суглинистых грунтах и 260 м при глинистых, в 2—2,5 раза больших, чем на дорогах с беспыльными покрытиями. Движение в пыльном облаке приводит

к наездам на внезапно затормозивший передний автомобиль или на стоящие на дороге сельскохозяйственные машины и трактора, а попытки обгона пылящих автомобилей — к столкновениям в условиях плохой видимости с встречными автомобилями. Число таких происшествий достигает 0,27 на 1 млн авт-км с очень тяжелыми последствиями, так как на каждые 100 происшествий приходится от 36 до 77 смертельных исходов.

Для повышения безопасности рекомендуется при интенсивности движения до 300 авт/сут движение в дневное время с включенными фарами, что повышает видимость на 25—30%, а при большей интенсивности вводят одностороннее движение. Во многих случаях его можно организовать, проведя выравнивание грейдером (простружку) летнего пути параллельно существующей дороге, а при наличии полезащитных насаждений — по разные их стороны. По окончании перевозок эти дороги запахивают.

На участок дорог с особенно интенсивным движением целесообразно выполнять обеспыливание. Незначительное улучшение может быть достигнуто сгребанием пыли в часы спада движения грейдером в сторону с проезжей части. Более капитальное обеспыливание проводят с использованием хлористого кальция, технической поваренной соли или материалами из отвалов разработки калийной соли — «сильвинита». Обеспыливающий материал в несколько приемов распределяют небольшими порциями пескоразбрасывателями по увлажненной поверхности дороги или разливают в виде раствора по сухой поверхности в небольших количествах, чтобы раствор не стекал с дороги. Считают, что для обеспыливания 100 км дороги необходима 1 раз в месяц двухсменная работа семи пескоразбрасывателей в течение 3 дней, причем каждый раз суммарный расход материалов составляет для хлористого кальция от 0,7 до 1 кг/м<sup>2</sup> обрабатываемой площади.

### **Контрольные вопросы**

1. В чем заключаются задачи дорожно-эксплуатационной службы по обеспечению безопасности движения?

2. Как влияют шероховатость и влажность дорожного покрытия и скорость движения на величину коэффициента сцепления?

3. Какие существуют способы борьбы со скользкостью покрытия в летний и зимний периоды года?

4. Какие существуют виды ограждений и области их применения?

5. Почему при плохих погодных условиях возрастает опасность дорожно-транспортных происшествий?

6. Как обеспечить безопасность дорожного движения в местах ремонтных работ?

7. Каковы особенности обеспечения безопасности краткосрочных интенсивных перевозок по дорогам низовой дорожной сети?

## **РОЛЬ ОРГАНИЗАЦИОННЫХ МЕРОПРИЯТИЙ В ПОВЫШЕНИИ БЕЗОПАСНОСТИ ДВИЖЕНИЯ**

### **10.1. Роль организации движения в обеспечении его безопасности**

Безопасность движения по автомобильной дороге не может быть обеспечена только принимаемыми проектными решениями и мерами текущего содержания. Изменения погодных условий, сезонные и суточные колебания интенсивности движения, а также проводимые на дороге ремонтные работы требуют, наряду с мерами, проводимыми Государственной автомобильной инспекцией по активной организации движения, также вмешательства дорожных организаций в избираемые водителями режимы движения с помощью средств пассивной организации движения.

Участие дорожников в организации движения может быть эффективным в отношении:

- разделения транспортных потоков по скоростям и назначению;
- регулирования скоростей движения в соответствии с дорожными условиями при помощи установки дорожных знаков с постоянной или меняющейся информацией;

- обеспечения правильного использования автомобилями проезжей части;

- своевременной информации водителей и пассажиров о дорожных условиях, расположении населенных пунктов, маршрутов проезда транзитных автомобилей через крупные населенные пункты.

Организация движения позволяет во многих случаях повысить его безопасность и пропускную способность дорог без капитальной перестройки только путем приведения скоростей движения по ним автомобилей в соответствии с их транспортно-эксплуатационными качествами. Мероприятия по организации движения, как и все инженерные решения, в своей основе варианты, поскольку каждый желаемый эффект, например снижение скорости движения автомобилей, может быть достигнут несколькими способами.

Эффективность мероприятий пассивной организации движения во многом зависит от точности соблюдения их рекомендаций водителями, часто с ними не считающимися. Поэтому методы регулирования дорожными средствами должны сочетаться с контролем органами ГАИ соблюдения их водителями, особенно в части ограничения скоростей. Хорошие результаты дает измерение скоростей дистанционными радарными установками с фиксированием на фотопленку номеров автомобилей — нарушителей и патрулиро-

вание дороги вертолетами, с которых наблюдатели передают по радио наземным постам номера автомобилей-нарушителей.

В поисках путей активного участия дорожных организаций в обеспечении безопасности движения в конце 60-х годов на ряде магистральных дорог была создана служба организации движения (СОД). В ее задачу входили разработка и систематическое осуществление мероприятий, обеспечивающих безопасные условия движения, повышение пропускной способности дорог и скоростей движения, а также выявление на дорогах опасных участков, своевременное включение их улучшения в планы капитальных ремонтов.

Структура СОД была различной в разных республиках, но эффективность ее была несомненной.

На дороге Москва — Харьков за период деятельности службы, несмотря на значительный рост интенсивности движения, количество дорожно-транспортных происшествий, прямо или косвенно связанных с дорожными условиями, ежегодно уменьшалось на 6—8%, а число пострадавших на 4—6%, несмотря на происходивший рост интенсивности движения. Снижалось и количество происшествий на опасных участках. Примером эффективности службы организации движения может служить опыт одной из дорог Казахстана, где работой по повышению безопасности движения вначале была охвачена только половина маршрута. За 9 мес количество происшествий на ней снизилось почти на 50%, тогда как на другой половине участка количество происшествий не изменилось. На другой дороге, несмотря на увеличение интенсивности почти на 30%, уменьшилось на 4%.

К сожалению через несколько лет, несмотря на высокую эффективность, служба организации движения была ликвидирована.

## **10.2. Обеспечение безопасности движения пешеходов**

Большое количество жертв на дорогах, оцениваемое в 30—40% от общего количества происшествий, иногда и более вызывается неорганизованными попытками перехода через дорогу при плотных транспортных потоках при малых интервалах времени между проездами автомобилей. Наблюдения показали, что в среднем с 80%-ной обеспеченностью дети от 6 до 15 лет пользуются интервалами до 20—25 с, взрослые до 55 лет — не менее 10—15 с и пожилые — 10—15 с. Однако весьма типичны случаи, когда после длительного ожидания приемлемого интервала потерявший терпение пешеход пытается перебежать дорогу при существенно меньшем интервале.

Во многом способствует этому неблагоустроенность многих населенных пунктов и не вызванное требованиями грузопотоков

проложение дорог с высокой интенсивностью движения через малонаселенные пункты. Считают, что из всех происшествий с пешеходами примерно 26% вызвано наездами на пешеходов, идущих по обочинам вдоль дороги и по проезжей части, 65% — на переходивших через дорогу, 5% — стоящих на обочинах и 4% — на проезжей части у автобусных остановок и остановившихся автомобилей.

Эти статистические данные подсказывают следующие решения, вытекающие из идеи разделения потоков людей и автомобилей:

устройство тротуаров с одной или двух сторон дороги;

рассредоточение в населенных пунктах транзитного движения по нескольким параллельным улицам, разделяя легковые и грузовые автомобили;

продуманное назначение мест перехода через улицу в увязке с установкой в необходимых случаях светофоров.

Транспортная и дорожная лаборатория Великобритании следующим образом оценивает риск пересечения улиц пешеходами вне оборудованных переходов:

Переходы с разметкой «зебра», за рубежом требующей остановки автомобиля, если на переход вступает пассажир . . . . .	1
Перекрестки со светофорами и островками . . . . .	1,03
То же со светофорами . . . . .	1,51
Нерегулируемые перекрестки с островками . . . . .	2,03
То же без островков . . . . .	2,54
Участки улиц между оборудованными переходами . . . . .	2,86

Через автомобильные магистрали и широкие улицы с интенсивным движением, где периодически возникают потоки пешеходов, устраивают пешеходные мосты или пандусы над дорогой (рис. 10.1) и подземные переходы. Через дороги I категории устраивают только подземные переходы. Наблюдения показывают, что пешеходы избегают ими пользоваться и часто их приходится дополнять изгородью, расположенной по оси разделительной полосы. Хотя переход по мосту требует больших физических усилий, чем по подземному переходу, последние, как показали наблюдения, используются пешеходами менее охотно (рис. 10.2).

Количество пешеходов, неорганизованно пересекающих улицу, зависит от расстояния между обозначенными переходами. Чем вы-

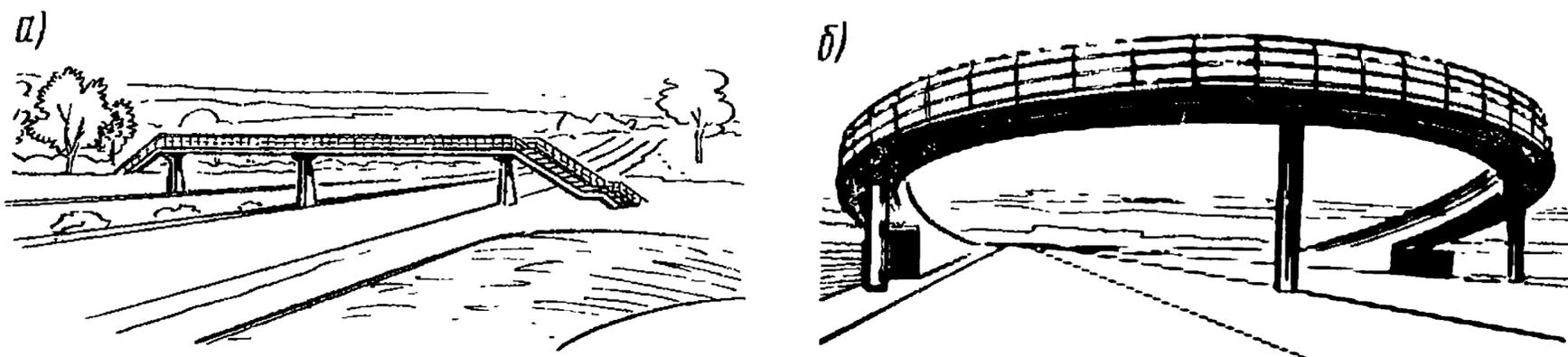


Рис. 10.1. Переходы через автомобильную дорогу:  
а — пешеходный мост; б — переход по типу пандуса

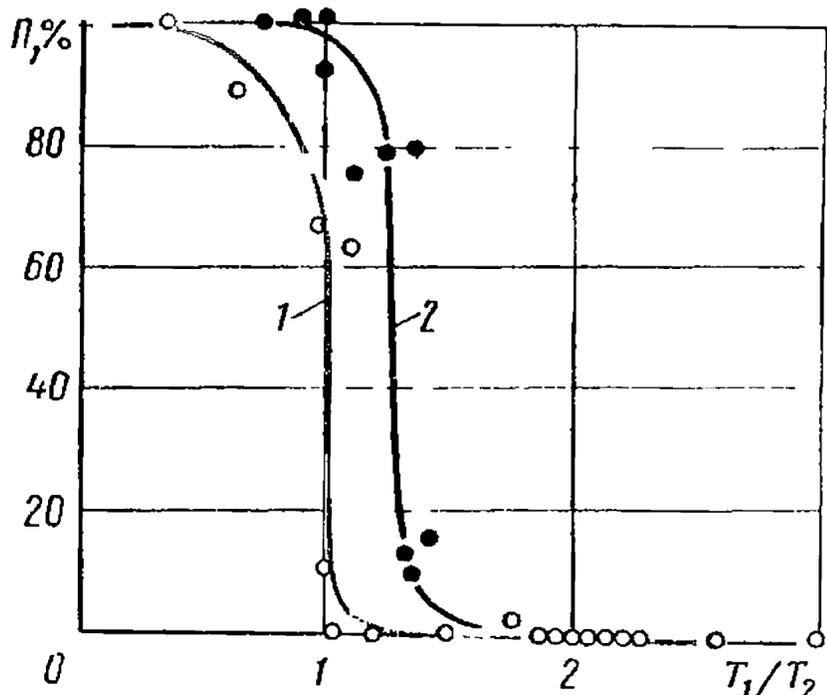


Рис. 10.2. Использование пешеходами мостиков и подземных переходов:

$P$  — количество пешеходов, пользующихся мостом или подземным переходом;  $T_1$  — время, необходимое для пересечения дороги по мосту или подземному переходу;  $T_2$  — продолжительность непосредственного перехода дороги; 1 — пешеходы, пользующиеся мостом; 2 — то же подземным переходом

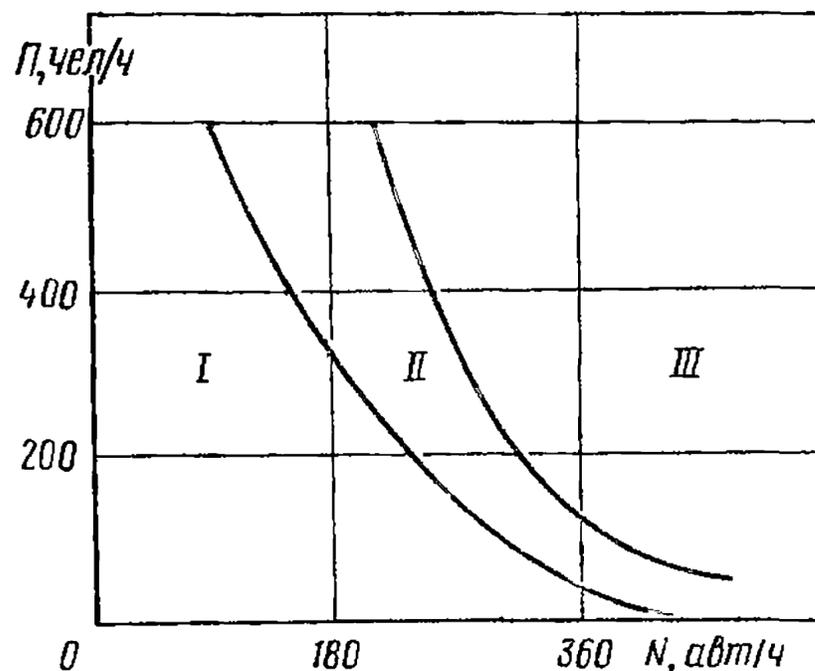


Рис. 10.3. Области применения пешеходных переходов разных типов:

I — нерегулируемые переходы; II — светофорные переходы; III — подземные переходы

ше интенсивность движения, тем больше пешеходов стремится пересечь улицу в местах, где нанесена разметка, или вблизи от нее.

Несмотря на подписание Советским Союзом Женевской конвенции о дорожных знаках ГОСТ 13508—74 «Разметка дорожная» и Правила дорожного движения до сих пор не включают пункты, что пешеходы, вступившие на переход типа «зебра», имеют право преимущества перед автомобилями, которые обязаны останавливаться для их пропуска. Для выбора типа пешеходных переходов рекомендуется номограмма (рис. 10.3).

В малонаселенных пунктах сельского типа из-за отсутствия вдоль улиц тротуаров пешеходы идут непосредственно по проезжей части, так как в дождливую погоду неукрепленные обочины находятся в грязном состоянии, а зимой плохо очищаются от снега. Замечено, что  $2/3$  пешеходов идут по ходу движения и количество происшествий с ними в 2 раза выше.

Безопасность движения в населенных пунктах резко снижается при отсутствии благоустроенных стоянок для автомобилей около магазинов, столовых, автовокзалов, больших учреждений. На обочинах скапливаются колонны автомобилей, стесняющие проезжую часть. Большую опасность представляют неожиданно появившиеся из-за них пешеходы. Органы регулирования движения обычно реагируют на такие неорганизованные стоянки установкой запрещающих знаков, что, конечно, не решает проблемы, поскольку ряд остановившихся автомобилей оттягивается на большее расстояние, а на проезжей части появляются идущие к ним пешеходы.

### 10.3. Управление скоростями движения автомобилей

Статистика свидетельствует, что около 20% происшествий вызываются превышением скорости. Общественное мнение и органы регулирования движения давно уже рассматривают ограничение скоростей движения как эффективное мероприятие по повышению безопасности движения. Практикуется как общее снижение скоростей на маршруте, так и местные ограничения на отдельных участках дороги. Последнее делается не всегда обоснованно. На практике часто приходится встречаться с установкой знаков ограничения скорости около мест, где возникают дорожно-транспортные происшествия, в расчете, что это как бы нейтрализует существующую опасность дорожно-транспортных происшествий. В результате на большой протяженности дорог необоснованно ухудшаются транспортные возможности дороги. Такое решение неправильно. Снижение скорости не исключает опасность происшествий, так как идея коэффициентов безопасности (см. § 4.9) показывает, что опасна не только сама скорость, повышающая требования к квалификации водителя, но и частота ее изменений, вызываемых меняющимися дорожными условиями.

Статистика дорожно-транспортных происшествий в разных странах дает характерную зависимость относительного количества дорожно-транспортных происшествий от скорости (см. рис. 4.5). При построении приведенного графика зависимости между количеством дорожно-транспортных происшествий и скоростью фактические количества происшествий были выражены в долях принятого за единицу наименьшего для каждого случая количества смертельных исходов и ранений. Минимум происшествий соответствует скоростям, близким к средней скорости транспортных потоков на дорогах России. Кривые для происшествий, сопровождавшихся смертельными исходами, имеют характерный минимум. Относительно большое количество происшествий при малых скоростях движения связано с малой осторожностью пешеходов при попытках перехода дороги перед автомобилями, скорости которых кажутся им неопасными.

Аналогичное очертание имеют и графики зависимости расхода топлива от скорости. В обоих случаях минимум соответствует реальным средним скоростям на дорогах, что делает особенно ценным введение ограничения скорости в связи с ростом стоимости автомобильного топлива.

В настоящее время в большинстве стран установлено общее ограничение скоростей движения по дорогам. На дорогах обычного типа, не имеющих разделительной полосы, она колеблется от 60 до 100 км/ч. При этом средняя скорость транспортных потоков ниже и соответствует экономичным скоростям с наименьшим расходом топлива. Поскольку транспортные качества разных дорог неодинаковы, в некоторых странах, например в Финляндии,

вводят различные допускаемые предельные скорости на разных маршрутах или даже разных участках одного маршрута.

Введение ограничений скорости в отдельных местах должно увязываться со степенью загрузки дорог движением, когда режим транспортного потока становится связанным, а обгоны — опасными. При назначении ограничений скорости на отдельных участках наиболее целесообразно исходить из наблюдений за фактическими скоростями движения на этих дорогах, которые уже отражают восприятие основной массой водителей условий движения. Как правило, введение ограничений на уровне 80—85%-ной обеспеченности выравнивает скорости в транспортном потоке. Уменьшается скорость автомобилей, ранее развивавших излишне высокую скорость, уменьшается количество автомобилей, имеющих низкую скорость. Средняя скорость остается практически неизменной. Уменьшается количество обгонов. Все это приводит к снижению количества происшествий на 10—25%, а их тяжести — на 30—40%.

При назначении указываемой на знаке предельной скорости целесообразно вводить поправку на психологические особенности водителей, значительное большинство которых превышает указанную на знаке скорость на 5—10 км/ч.

В этом отношении типичны приведенные на рис. 10.4 данные наблюдений в ФРГ за скоростями движения после установки знака снижения скорости до 30 км/ч. В присутствии полицейского скорость всего потока автомобилей снизилась.

На многих старых дорогах и дорогах в горной местности имеется много кривых малых радиусов. При установке знаков на каждой из кривых их эффективность снижается. Для обоснованной расстановки знаков предупреждения об опасных местах следует использовать график скоростей движения или коэффициентов безопасности или коэффициентов аварийности, выделяя на них участки ограничения скоростей перед опасными участками. Необходимость установки дорожного знака определяется не столько радиусом кривой в плане или фактическим расстоянием видимости, сколько расположением таких участков по отношению к предшествующим.

На рис. 10.5 показаны случаи, когда о кривой малого радиуса 125 м в открытой местности необходимо предупредить знаком (рис. 10.5, а), а в холмистой местности кривая радиусом 90 м установки знака не требует (рис. 10.5, б). Эффективность установки дорожных знаков снижается тем, что некоторые водители их не замечают или сознательно игнорируют их указания. Поэтому в особенно опасных местах иногда устраивают шумовые или трясущие полосы крупнозернистой поверхностной обработки из щебня крупностью 20—30 мм. Различают три разновидности — относительно большие шумящие участки длиной до 10 м, шумовые и трясущие полосы шириной 1—1,5 м и узкие полосы шириной 5—15 см,

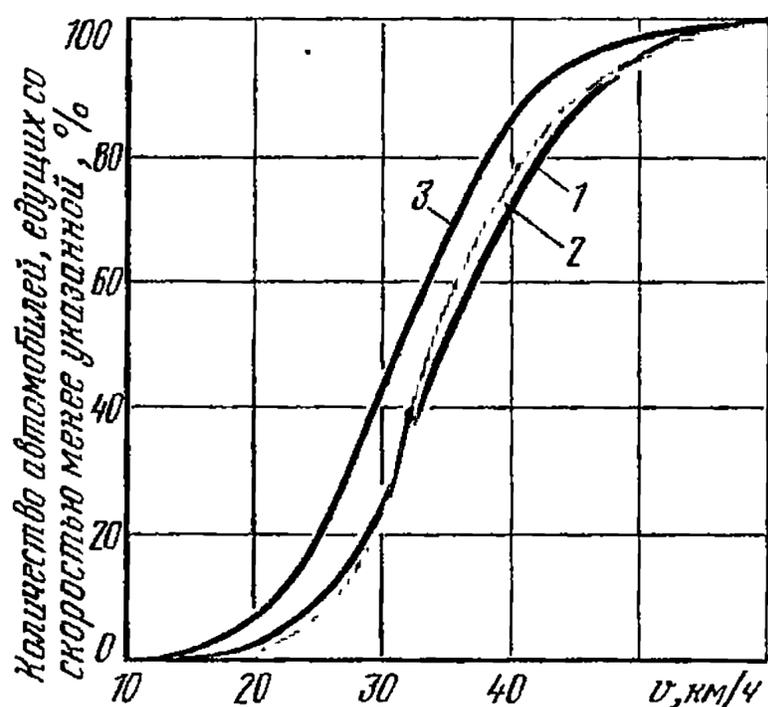


Рис. 10.4. Эффективность знака ограничения скорости:

1 — распределение скорости до установки знака; 2 — то же после установки знака; 3 — распределение скоростей в присутствии инспектора дорожной полиции

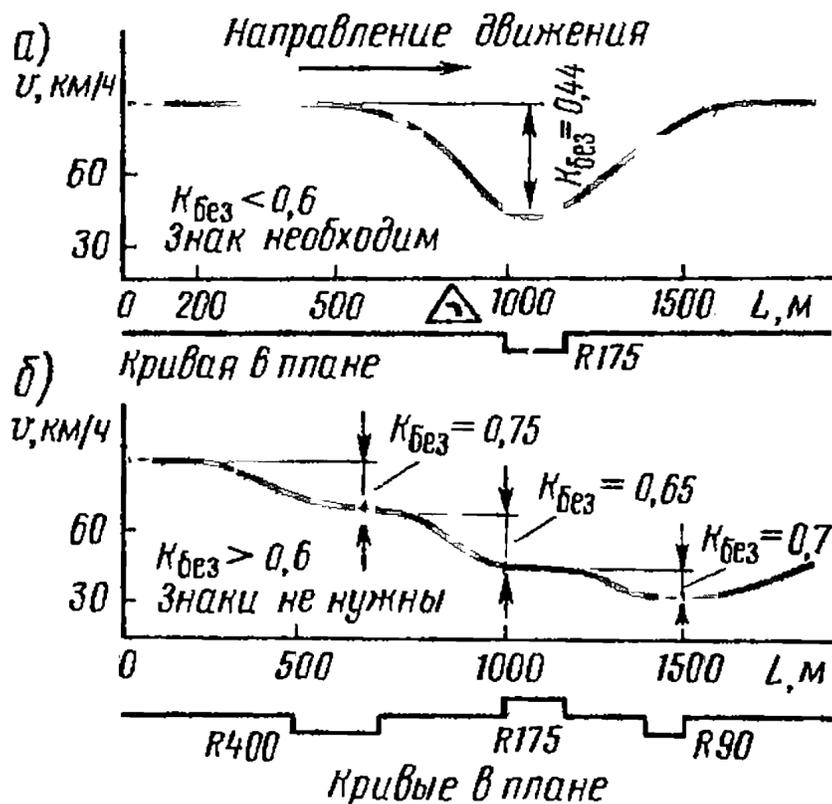


Рис. 10.5. Использование графика коэффициентов безопасности движения для расстановки предупреждающих знаков

создающие легкие толчки при наезде и вызывающие возрастание шума на 3—4 дБА.

Шум и тряска при наезде на полосы вынуждают водителей непроизвольно для себя снизить скорость. Так как толчки при наездах колес на неровности прямо пропорциональны квадрату скорости движения, эффективность трясущих колес тем выше, чем быстрее едет автомобиль.

Трясущиеся полосы целесообразно устраивать в следующих случаях:

для повышения активности водителей на длинных прямых участках в местности с однообразным степным ландшафтом;

перед опасными участками — примыкания к дорогам с интенсивным движением, кривые в конце спусков, неохраняемые железнодорожные переезды и другие места резкого изменения дорожных условий, на которые с предшествующих участков возможен въезд с повышенной скоростью (рис. 10.6).

Расстояния между трясущими полосами, устраиваемыми шириной 1 м, принимают в зависимости от необходимого снижения скорости (табл. 10.1).

Необходимое снижение скорости лучше всего устанавливать на основе наблюдений за фактическими скоростями проезда автомобилей по опасным участкам.

В Великобритании для снижения скоростей движения по жилым улицам на покрытиях устраивали искусственные неровности из вмонтированных бетонных плит, имеющих вдоль дороги сечение цилиндрического сегмента с хордой 3,7 м и стрелкой 7,5—10 см,

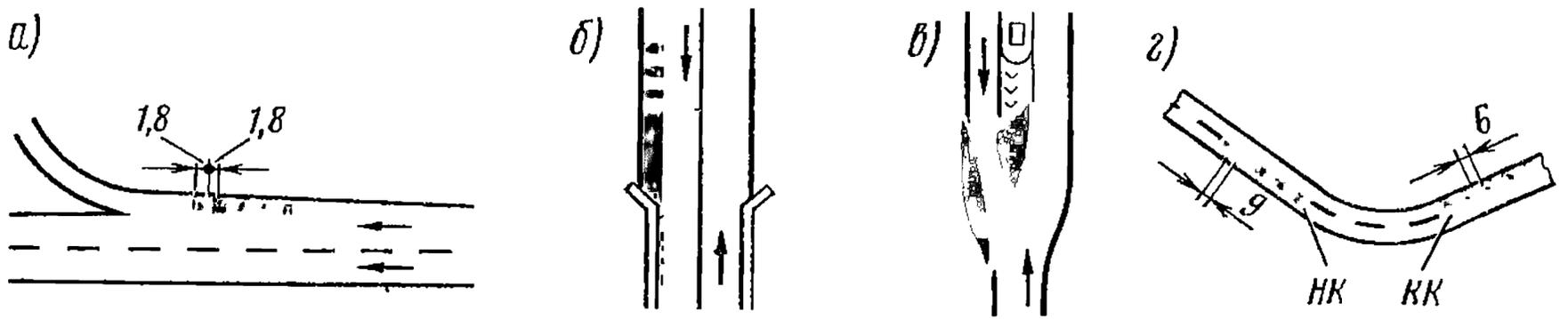


Рис. 10.6. Схемы устройства на дорогах искусственных поперечных полос для создания тряски:

а — участок перед съездом с автомобильной магистральной; б — то же перед мостом с узкой проезжей частью; в — переход к проезжим частям с разделительной полосой, з — подходы к кривой малого радиуса в плане

образно называемых «спящий полисмен». Разрешенная правилами движения на таких улицах скорость 50 км/ч снижалась почти в 2 раза.

Ряд мер воздействия на водителей, вынуждающих их снижать скорость, может быть предусмотрен еще на стадии проектирования. Они основаны на учете психофизиологических особенностей восприятия водителями движения по дороге путем создания у них проложением и обустройством дороги впечатления об ухудшении условий движения или тем, что автомобиль движется с чрезмерной скоростью.

К их числу относятся:

зрительное перекрытие путей движения автомобиля, например посадка групп деревьев на продолжении дороги, показывающих наличие поперечной дороги или крутого поворота дороги в сторону;

постепенное уменьшение длины штрихов прерывистой продольной разметки и разрывов между ними. При постоянной скорости движения частота их мелькания в глазах водителей увеличивается и создается впечатление увеличения скорости, так как водители привыкают к определенной частоте мелькания, соответствующей наиболее свойственным оптимальным для них скоростям движения;

Таблица 10.1

Гребуемое снижение скорости, %	Необходимое число поперечных полос	Расстояние от начала опасного участка до первой полосы, м	Расстояние между последовательными полосами, м							
			1-й и 2-й	2-й и 3-й	3-й и 4-й	4-й и 5-й	5-й и 6-й	6-й и 7-й	7-й и 8-й	8-й и 9-й
20	10	10	10	15	20	—	—	—	—	—
30	6	6	6	6	10	15	20	—	—	—
40	8	3	3	3	3	3	10	15	20	—
50	9	3	3	3	3	3	6	10	15	20

нанесение на покрытия перед пересечением поперечных линий разметки с уменьшающимися расстояниями между ними, создающими у водителя впечатление, аналогичное трясущим полосам. Последние два мероприятия не соответствуют положениям Государственного стандарта на разметку и испытывались только в опытном порядке. Следует отметить, что пока еще в практике эксплуатации дорог вообще меры воздействия на скорости движения транспортных потоков практически не находят применения.

В процессе эксплуатации дорог могут использоваться и возможности повышения скоростей в местах их колебания на коротких участках путем мероприятий, выполняемых в процессе капитальных ремонтов;

увеличение видимости по сравнению с расчетной путем расчистки придорожной полосы;

устройство виражей на кривых, если они отсутствуют;

придание дороге пространственной плавности (клотоидное или сплайновое трассирование реконструируемых участков);

улучшение зрительного ориентирования водителей путем растительных посадок;

уширение проезжей части в местах, где происходит систематическое возрастание скорости автомобилей или допустимо ее некоторое увеличение (нижняя часть вогнутых вертикальных кривых, правоповоротные полосы движения на пересечениях в одном уровне);

устройство дополнительных полос в местах, где часть транспортного потока снижает скорость (большегрузные автомобили на подъемах, автомобили, съезжающие с дороги или въезжающие на нее);

снижение интенсивности движения в населенных пунктах путем рассредоточения движения по нескольким улицам и выделение для некоторых транспортных средств специальных полос движения;

запрещение обгонов в опасных местах и местах возможности образования заторов при обязательном устройстве через несколько километров специальных дополнительных полос проезжей части для обгонов с обязательной установкой предупреждающих об этом указателей.

Сложность обгонов при плотных транспортных потоках потребовала внесения уточнений в практику трассирования клотоидами или сплайнами с частичным отказом от принципа непрерывно изменяющейся кривизны трассы. Запрещение обгонов в трудных дорожных условиях и периоды высокой загрузки дороги движением имеют большое значение для безопасности движения. Количество происшествий при обгонах на прямых участках быстро увеличивается с ростом интенсивности движения (рис. 10.7, а). Очень опасны обгоны при малых интервалах между автомобилями, особенно если их пытается выполнить автомобиль с низкими дина-

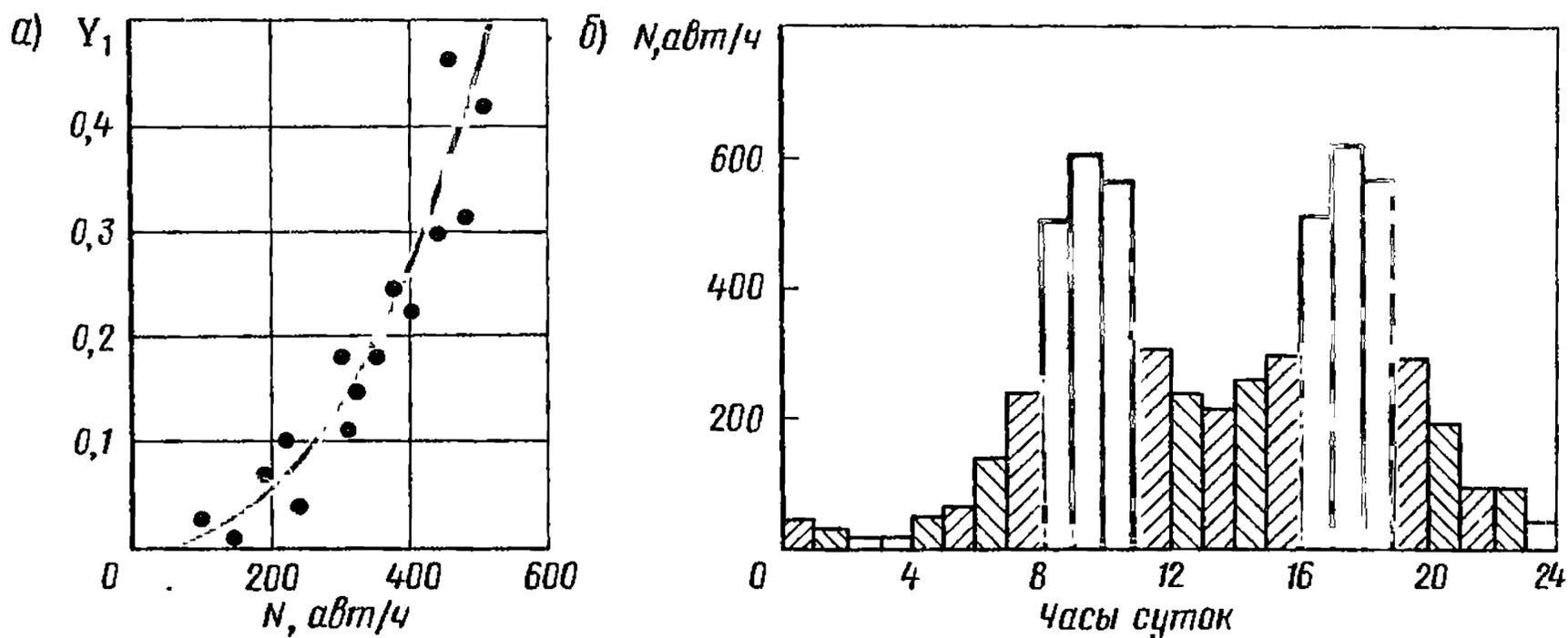


Рис. 10.7. Происшествия при обгонах:

*а* — зависимость от интенсивности движения; *б* — возможность запрещения обгонов только в определенные периоды суток

мическими характеристиками. Поскольку интенсивность движения в течение суток испытывает сильные колебания, запрещение обгона может ограничиваться отдельными периодами (рис. 10.7, б).

#### 10.4. Регулирование использования водителями ширины проезжей части дороги

Количество полос движения, а следовательно, и ширину проезжей части дороги назначают исходя из предпосылки, что каждое транспортное средство точно движется по предназначенной для него полосе движения, ширина которой немногим превышает его габаритную ширину. На дорогах с малой интенсивностью движения смещение автомобиля со своей полосы движения оказывает сравнительно малое влияние на использование дороги другими автомобилями, но при дальнейшем увеличении интенсивности сместившийся автомобиль начинает создавать помехи для других автомобилей как встречных, так и осуществляющих его обгон.

Большую роль в организации движения по дорогам и его пассивном регулировании играет нанесение на проезжей части линий горизонтальной разметки. Наблюдения за распределением взглядов водителей при движении показали, что основную информацию водитель получает о своем положении на проезжей части, смотря на ее кромки, а на бетонных покрытиях — на осевой шов. Разметка проезжей части способствует лучшей организации движения, обозначая полосу движения и намечая на проезжей части плавную траекторию движения в местах изменения ширины проезжей части у въездов на узкие мосты, у островков на пересечениях в одном уровне канализированного типа, кривых малого радиуса и т. п. Продуманная осевая разметка, регулируя места воз-

можных обгонов и выделяя участки их запрещения, существенно повышает безопасность движения.

Правила расположения линий разметки регламентируются ГОСТ 13508—74 и ГОСТ 23457—86, которые предусматривают несколько видов линий разметки;

сплошные линии, одиночные и двойные, для разделения встречных потоков движения;

пунктирные линии для разделения встречных и попутных потоков движения. Автомобили имеют право пересекать их при перестроениях с соблюдением правил движения;

параллельные осевые сплошные и штриховые линии, которые разрешается пересекать только со стороны прерывистой линии;

сплошная краевая разметка, обозначающая границу кромки проезжей части и обочины. Около съездов с дороги и остановок автобусов краевую линию делают штриховой. Однако пересекать

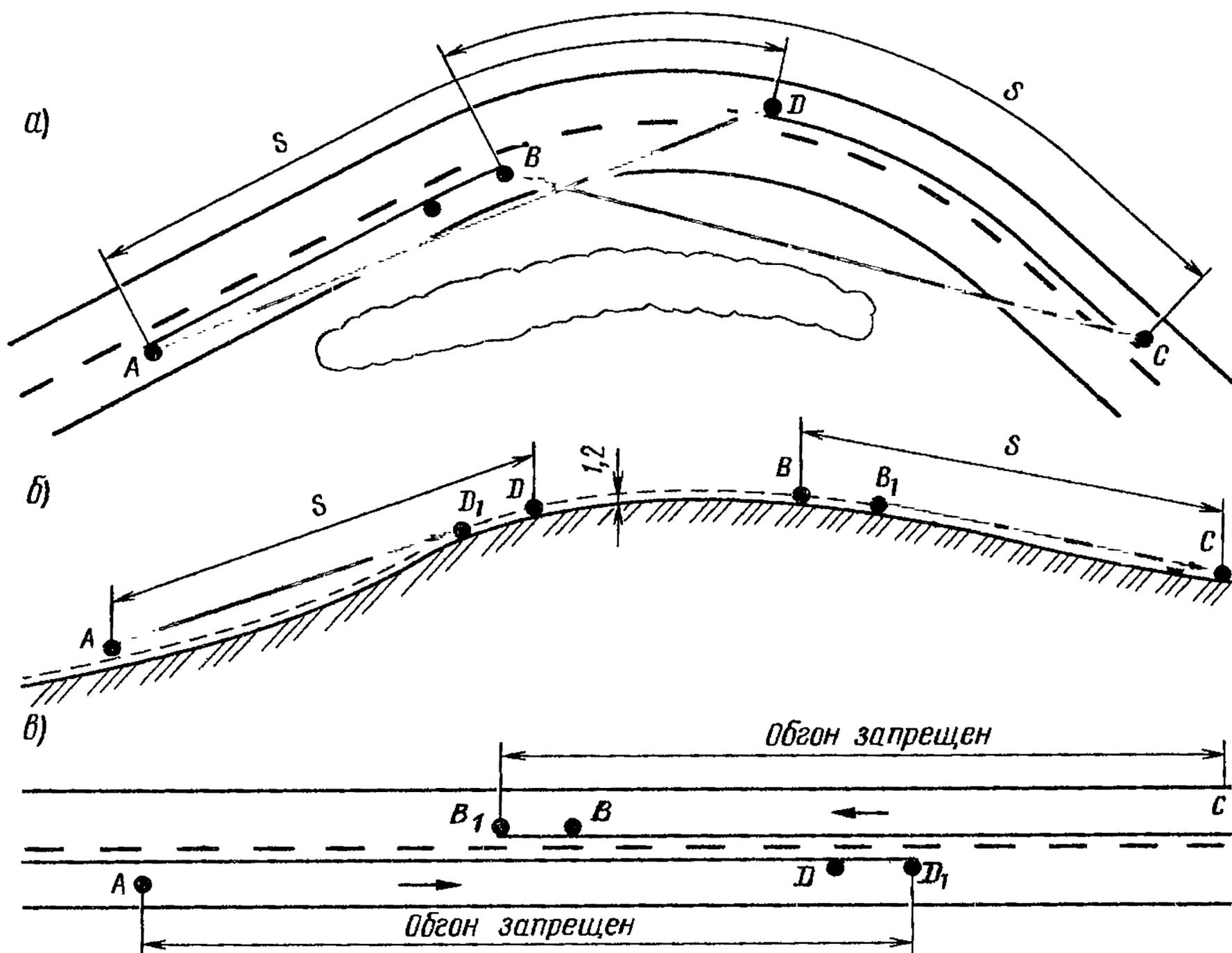


Рис. 10.8. Способы разметки покрытия на участках с ограниченной видимостью, допускающей обгон на одном из направлений движения:

а — на кривой в плане; б и в — на вертикальной кривой (б — продольный профиль; в — план);

А и С — начало зоны запрещения обгона; В и D — конец зоны запрещения обгона; В—В<sub>1</sub> и D—D<sub>1</sub> — запас безопасности; S — расстояние видимости из условия обгона для скорости 85%-ной обеспеченности; стрелками показаны линии взгляда водителя

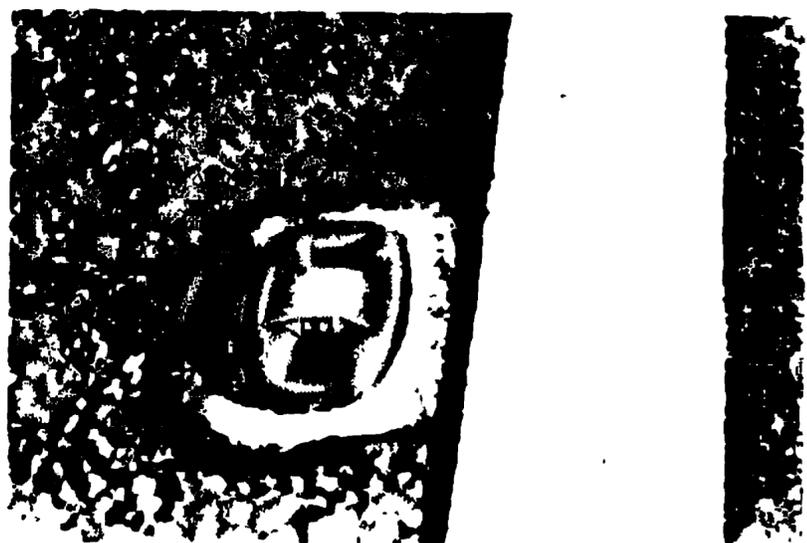


Рис. 10.9. «Самоочищающийся» катафот

Эффективность линий разметки зависит от соответствия ее режимам движения по дороге и от дисциплинированности водителей, подчиняющихся ее указаниям. Линия разметки не препятствует движению, как, например, возвышающийся островок, и ничто не препятствует ее переезду недисциплинированным водителем. Особое значение горизонтальная разметка имеет на участках с ограниченной видимостью, выделяя места запрещенного обгона (рис. 10.8). Хорошие возможности повышения пропускной способности трехполосных дорог дает разметка средней полосы, поочередно выделяющая участки обгона для встречных потоков движения.

Важную роль играет также краевая разметка, дающая водителю в темное время суток возможность отличить проезжую часть от обочин. Ночью или в туман краевые разметочные линии являются хорошим средством зрительного ориентирования в направлении дороги. Особенно эффективны они в местах изменения ширины проезжей части.

Разметку устраивают несколькими способами: наиболее распространена разметка нитроэпоксидной эмалевой краской, простая и легко поддающаяся механизации. Ей присущ недостаток — сравнительно быстрое загрязнение и истирание линий. Более совершенен способ нанесения на покрытие в холодном или горячем состоянии специального пластика. В первом случае пластик рас-

сплошную краевую линию разрешается в случаях возникновения необходимости съехать на обочину при неисправности автомобиля.

В большинстве стран считают, что наличие разметки проезжей части является обязательным условием безопасности и четкой организации движения транспортных потоков. Опыт показывает, что после нанесения на покрытие разметочных линий число происшествий уменьшается.

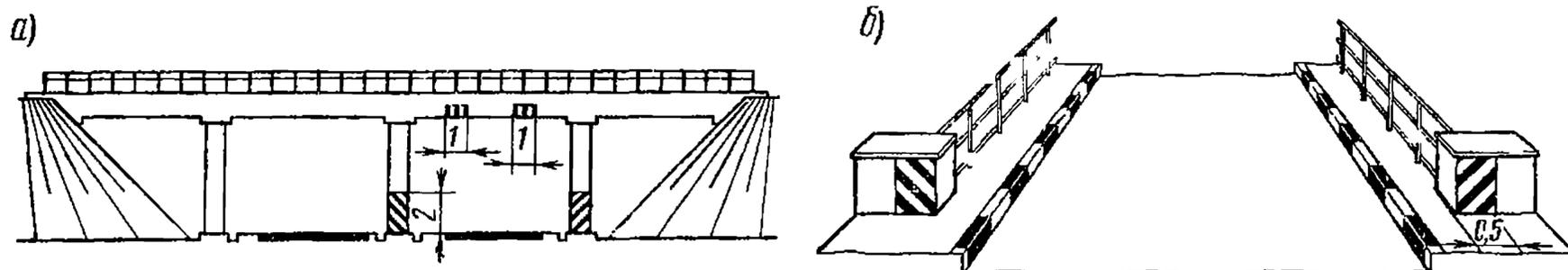


Рис. 10.10. Вертикальная разметка путепроводов и мостов:

а — малая ширина и малая подмостовая высота; б — мост с недостаточной шириной проезжей части

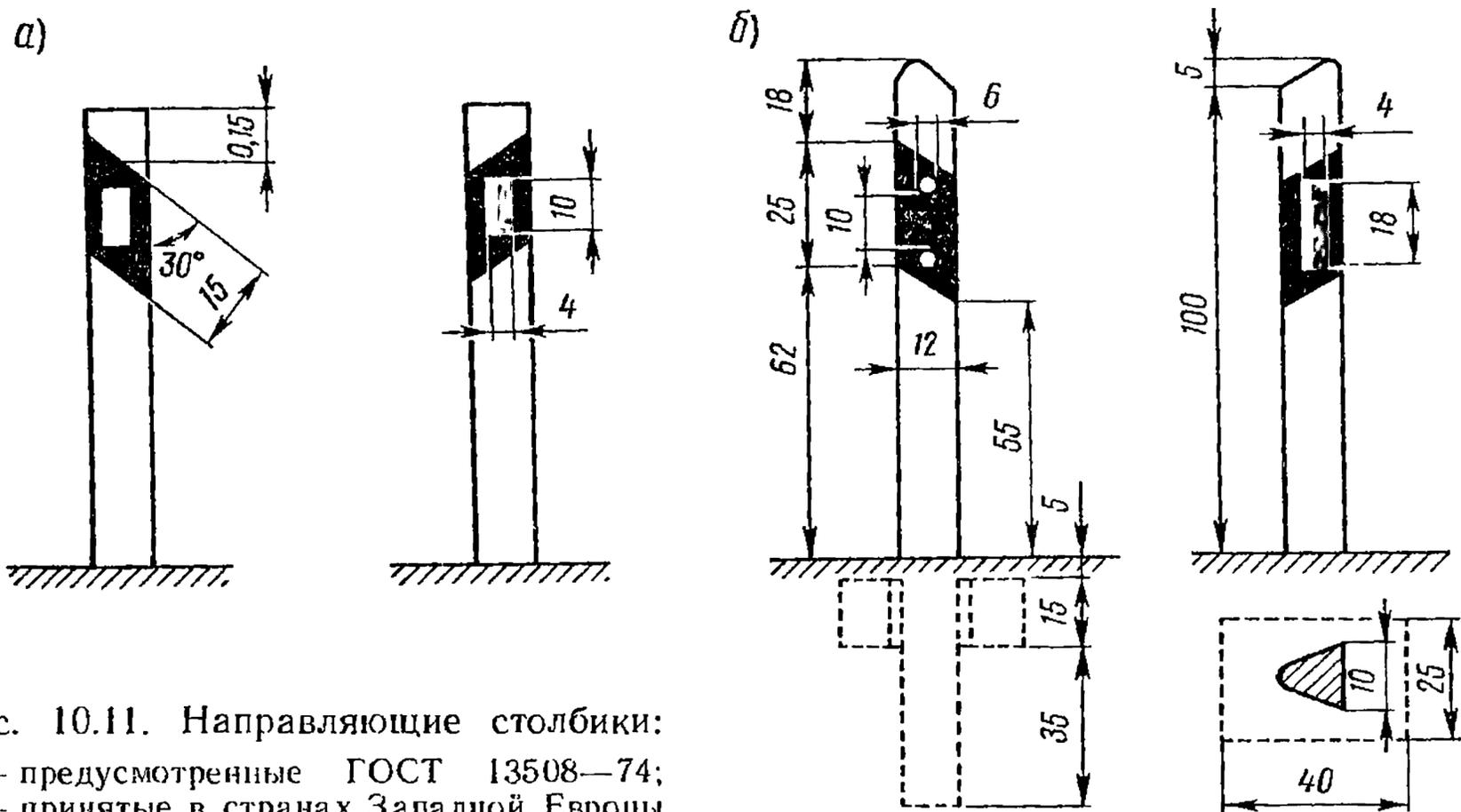


Рис. 10.11. Направляющие столбики:  
 а — предусмотренные ГОСТ 13508—74;  
 б — принятые в странах Западной Европы

пределяют по покрытию в виде густой пасты с введенным полимером-отвердителем. При горячем способе в покрытии прорезается фрезой на ширину линии разметки паз глубиной 1 см, заполняемый разогретым в котлах твердым пластиком, затвердевающим через 1 ч.

За рубежом для улучшения видимости линий разметки и краев покрытия в ночное время иногда используют вмонтируемые в покрытие кнопки, в которые вставлены световозвращающие линзы. Вмонтированные в покрытие катафоты, отражая свет фар, образуют хорошо заметную водителю светящуюся штриховую линию разграничения полос движения. Наиболее совершенные конструкции катафотов являются «самоочищающимися». Они укреплены в металлической рамке на резиновой прокладке. При наезде колеса катафот вдавливаются в рамку на уровне покрытия. При этом трение стекла о резину очищает его от грязи (рис. 10.9). В странах с продолжительными зимами разметка покрытий малоэффективна в течение длительного периода, а устанавливаемые на покрытиях возвышающиеся катафоты повреждаются ножами снегоочистителей.

Наряду с разметкой покрытий применяется вертикальная разметка устоев мостов бело-красными или бело-черными полосами, обозначающими габарит моста (рис. 10.10).

Лучшему ориентированию водителей, особенно в ночное время, способствуют устанавливаемые на бровке земляного полотна на кривых и на высоких насыпях направляющие сигнальные столбики (рис. 10.11) со световозвращающими элементами красного и белого цвета. Расстояния между столбиками нормированы в Строительных нормах и Правилах в зависимости от высоты на-

сыпи, интенсивности движения и радиусов кривых в плане и в вертикальном профиле. В задачу сигнальных столбиков не входит задержание наехавших автомобилей, и их часто делают полыми из пластика. В условиях России сигнальные столбики затрудняют зимнюю очистку дороги от снега. Предлагалось использовать разъемные столбики, верхняя часть которых должна сниматься на зиму.

Анализ материалов статистики происшествий привел дорожников ФРГ к выводу, что установка направляющих столбиков и других устройств, способствующих правильному направлению движения на сложных в плане трассах, в ряде случаев уменьшала количество дорожно-транспортных происшествий примерно в 1,5 раза.

### **10.5. Предупреждение водителей о дорожных условиях установкой знаков**

На дорогах всегда имеются места, при проезде которых необходимо повышенное внимание водителей и изменение режимов движения автомобилей. Чем больше таких мест, тем опаснее дорога и, при прочих равных условиях, тем хуже она запроектирована и содержится. Многие дорожные знаки являются по сути распиской дорожников в несовершенстве проектных решений («Опасный поворот», «Крутой поворот») или содержания дороги («Скользкая дорога», «Неровная дорога») и т. п. Необходимо заблаговременно предупреждать водителей о таких местах установкой знаков, характеризующих дорожные условия и подсказывающих необходимые для безопасности изменения режимов движения. Эффективность дорожных знаков зависит от правильности их установки и связана с внимательностью водителей и авторитетностью для них указаний знаков. Условия движения по неудачно запроектированной дороге нельзя улучшить никакими знаками.

Дорожные знаки принадлежат к числу объектов, привлекающих внимание водителей на очень короткое время и быстро забываемых. Часто водители, остановленные через несколько сотен метров после проезда дорожного знака, уже не могут ответить на вопрос, какой знак они проехали. Даже учитывая способность многих людей быстро забывать потерявшую актуальность информацию, приходится признать, что на большой процент установленных знаков водители просто не обратили внимания или не придали значения их указаниям, полагаясь на свой опыт. Поэтому при установке дорожных знаков следует учитывать особенности их восприятия водителями, которые склонны критически сопоставлять их указания с собственной оценкой дорожных условий. Чем конкретнее были указания знака, тем большее число водителей его запоминали. При одном из опытов знак «Прочие опасности»

запомнило лишь 18%, знак «Ограничение максимальной скорости» — 78% водителей.

Так как степень опасности некоторых ограничений зависит от погодных условий («Скользкая дорога»), на зарубежных автомобильных магистралях с интенсивным движением широкое распространение начали получать знаки с переменной информацией, включаемые с диспетчерского пункта или непосредственно датчиками, установленными на дороге.

Предупреждающие знаки имеют большее значение для водителей, впервые едущих по дороге, чем для хорошо ее знающих. Еще отсутствует оценка сравнительной эффективности разных знаков, количество которых все увеличивается. В 1909 г. состоявшаяся в Париже международная конференция сочла необходимым введение только четырех знаков — «Извилистая дорога», «Неровная дорога», «Пересечение с железной дорогой» и «Перекресток». Сейчас количество знаков превышает 150. Длительное время конкурировало два типа знаков — с символическими изображениями опасных мест, а в англоязычных странах и в Японии — с надписями. Последний тип знаков выходит из употребления, так как он недостаточно эффективен в многоязычных странах и на дорогах с международными перевозками.

Дорожно-эксплуатационные организации должны участвовать совместно с ГАИ в выборе мест установки дорожных знаков. Государственные стандарты и инструкции по установке знаков дают лишь общие рекомендации о местах установки знаков, но не содержат точных численных рекомендаций, при каких значениях элементов трассы и на каких расстояниях от обозначаемых ими мест они должны размещаться. Между тем эти расстояния зависят от скорости движения по дороге, рельефа местности, особенностей придорожного ландшафта и транспортных средств, пользующихся дорогой. Отсутствие исчерпывающих рекомендаций по обоснованному выбору места установки знака иногда приводит к совершенно необоснованным случаям введения ограничений на дорогах на основании личных суждений линейных работников Госавтоинспекции и дорожных организаций. Количество устанавливаемых предупреждающих и запрещающих знаков должно быть минимально необходимым. Знаки нужно устанавливать только в местах значительного изменения дорожных условий по сравнению с предшествующими участками. Заметив ошибочность или ненужность нескольких поставленных на дороге знаков, водители перестают обращать внимание на последующие.

Наиболее обоснованно устанавливать дорожные знаки на основе графиков коэффициентов безопасности или скоростей движения. При проектировании дорог можно использовать графики теоретически рассчитанных скоростей движения. На находящихся в эксплуатации дорогах лучше исходить из скоростей движения, замеренных на сложных участках дорог.

Учитывая график скоростей движения на спрямленной схеме дороги, на которой отмечены все места изменения скоростей движения (съезды, крутые спуски и подъемы, кривые малых радиусов, места с ограниченной видимостью), намечают места перепадов скоростей и определяют для них коэффициенты безопасности. В местах, где они менее 0,6 или 0,8 в зависимости от назначения дороги и рельефа местности, должна быть предусмотрена установка предупреждающих знаков (см. рис 10.5). Должны быть намечены зоны, где могут возникать конфликтные ситуации: возможные скопления людей, оживленное пешеходное и велосипедное движение; происходят обгоны и смена полос движения автомобилями; резко изменяется ширина дороги или мост уже дороги; места, где часто образуются густые туманы и гололед, возможны сильные порывы бокового ветра, могут неожиданно выбежать на дорогу животные из леса. Особое внимание следует уделять выявлению потенциально скользких мест (гололедица, свежееуложенные асфальтобетонные покрытия), о которых обязательно предупреждают водителей.

Места установки основных знаков нужно назначать из условия, чтобы водитель, притормаживая с малым отрицательным ускорением, успел снизить скорость до допускаемой на опасном участке. При этом учитывается время, необходимое для осознания смысла знака и реакции водителя. Определенное расстояние должно находиться в пределах, указанных в ГОСТ 10807—78. Затем должны быть намечены места информационно-указательных и дублирующих знаков, поскольку при плотных транспортных потоках едущие впереди автомобили ограничивают видимость водителям задних автомобилей.

Намеченные места установки знаков должны быть проверены на видимость издалека. При этом под видимостью знака понимают расстояние, на котором распознается изображенный на нем символ или может быть прочтена надпись. Знак не должен закрываться для едущих по дороге какими-либо предметами на придорожной полосе или проецироваться на фон, на котором он плохо различим. Фон должен иметь меньшую яркость, чем знак. Видимость знаков меняется в различные периоды года и часы суток в зависимости от местности. Для знаков, проецирующихся на темный отдаленный фон (горы, хвойный лес), видимость практически одинакова в течение всего года. У лиственного леса окраска и яркость фона меняются в течение года.

В открытой степной местности знаки проектируют у линии горизонта на фоне полей, яркость которого меняется в течение суток, в слабохолмистой местности — на фоне полей, окраска которых различна в разные сезоны. Изменение фона делает принятые сейчас знаки на белом фоне хуже различимыми на многомесячном снежном покрове чем летом. Применявшиеся раньше знаки на желтом фоне были хуже видны в южных районах летом, проецируясь на вы-



Рис. 10.12. Дорожный знак с надписями уменьшающейся крупности

горевших в период засухи травяном покрове откосов, сжатых полях и желтой листве придорожных насаждений в осеннее время. Зеленые указатели направлений хуже различаются на фоне лиственного леса.

Делались предложения для улучшения видимости знаков создавать за ними искусственный фон путем посадки за ними группы вечнозеленых кустарников.

Информационные указательные знаки должны быть видимы на таком расстоянии, чтобы водители успевали прочесть надписи до того, как потребуются выполнять тот или иной маневр. Размеры букв надписей должны быть настолько велики, чтобы водители успевали прочесть надписи, не снижая скорость движения. Так как в процессе чтения водитель приближается к знаку, шрифт надписей на нижних строках может быть более мелким (рис. 10.12).

Для расчета размера надписей может быть применен следующий метод (рис. 10.13). Надписи на знаке должны быть видимы на расстоянии от него

$$L = l_1 + l_2,$$

где  $l_1 = T_v v$  — путь, во время проезда которого водитель должен успеть прочесть надпись, чтобы выполнить предписываемый знаком маневр;  $T_v$  — время, необходимое для прочтения надписи, продолжительность которого зависит от числа букв;  $v$  — скорость движения автомобиля, м/с;  $l_2$  — расстояние до знака, до которого водитель может читать надпись, не отводя взгляда в сторону от полосы, по которой движется автомобиль.

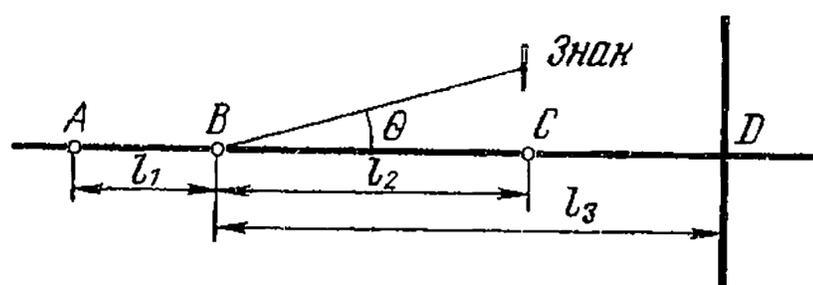


Рис. 10.13. Схема к расчету размера букв

Зона наиболее устойчивой видимости по разным источникам ограничивается углом видимости  $\alpha = 6 \div 10^\circ$ , откуда  $l_2 = B \operatorname{ctg} \frac{\alpha}{2}$ . Здесь  $B$  — расстояние от оси полосы движения автомобиля до наиболее удаленного от дороги края знака.

Время  $T$ , необходимое для прочтения надписи на знаке, зависит от числа букв  $n$ , по данным ФРГ, составляет:

Число букв	5	10	15	20	15
Время $T$ , с	1,3	1,5	1,9	2,5	3,2

В Англии размеры надписей определяют исходя из продолжительности чтения слов и осознания значений символов и изображений:

$$T = 0,31N \div 1,44,$$

где  $N$  — количество слов, цифр и символов на знаке.

Прочтя надпись и осознав необходимость маневра, водитель начинает притормаживать автомобиль, снижая скорость  $v$  до скорости осуществления предписанного маневра  $v_1$ . Для этого необходим путь  $l_3 = \left( \frac{v^2 - v_1^2}{a} \right)$ , где  $a$  — отрицательное ускорение торможения. Его принимают равным  $0,15g \approx 1,5 \text{ м/с}^2$ .

Для практических целей рекомендуются формулы для расчета размера строчных букв  $h = 3 + \frac{v}{160}(N + 6)$ , для заглавных  $h = 4 + \frac{v}{120}(N + 6)$  см.

## 10.6. Оперативная информация водителей о дорожных условиях и обстановке движения

Водитель, направляющийся в дальнюю поездку, должен знать дорожную обстановку на своем пути. За рубежом для этой цели существует развитая система информации, опыт которой заслуживает скорейшего переноса и развития в нашей стране. Помимо общей информации о транспортно-эксплуатационных характеристиках дорожной сети, необходима система оперативного опове-

щения об осложнившихся погодных условиях, возникших на дороге заторах или происшествиях, в результате которых прервался проезд по дороге или отдельным полосам движения, о снежных заносах, селевых явлениях и других обстоятельствах, затрудняющих или полностью прервавших проезд по дороге.

Издаваемые ранее Атласы автомобильных дорог включали важнейшие дороги сети общего пользования и маршрутные карты, рассчитанные на туристов. Они содержали данные только о заправочных станциях, пунктах технической помощи, кемпингах и гостиницах, не давая характеристик дорожных условий. Гораздо полезнее были бы карты по типу издаваемых, например, в Финляндии, которые указывают допускаемые на отдельных участках скорости движения и места сосредоточения дорожно-транспортных происшествий. Это позволяет пользующимся выбрать для себя наиболее подходящий маршрут и заранее знать участки, требующие особой осторожности при проезде. Аналогичные карты издаются в Австрии 2 раза в год, учитывая особенности летнего и зимнего движения. Хорошие результаты могли бы дать маршрутные схемы — листовки, оперативно отражающие изменения дорожной обстановки, распространяемые на автозаправочных станциях.

Эффективно практикуемое в ряде автотранспортных организаций США вывешивание в помещениях для выдачи нарядов схем маршрутов с указанием введенных в разных штатах ограничений скорости движения, карт опасных мест на маршрутах с разъяснением причин опасности, сводок погоды в разных районах США и других полезных для выезжающих в рейс водителей сведений.

Дорожники должны своевременно извещать автотранспортные организации о закрытии отдельных участков на ремонт или для тяжелых автомобилей на период весеннего вскрытия пучин с указанием объездов. В России уже много лет через местную радиосеть передается сжатая информация о погодных условиях, прогнозы погоды, включающие предупреждения о гололедице. На выездах из ряда городов устанавливают большие светящиеся панно из неоновых трубок с надписями, предупреждающими в случаях необходимости о неблагоприятных дорожных условиях — «Туман», «Гололед», «Снежные заносы», «Перевал закрыт». Такие системы оповещения давно уже действуют на перевальных дорогах Кыргызстана, на курортной дороге Рига — Юрмала и в ряде других мест.

На зарубежных автомобильных магистралях используют световые табло над дорогой с меняющимися изображениями. В случаях необходимости на них включают текст со срочными предупреждениями. Магистральные дороги разделены для этого на участки. В каждом центре управления участком имеется телетайп, конт-

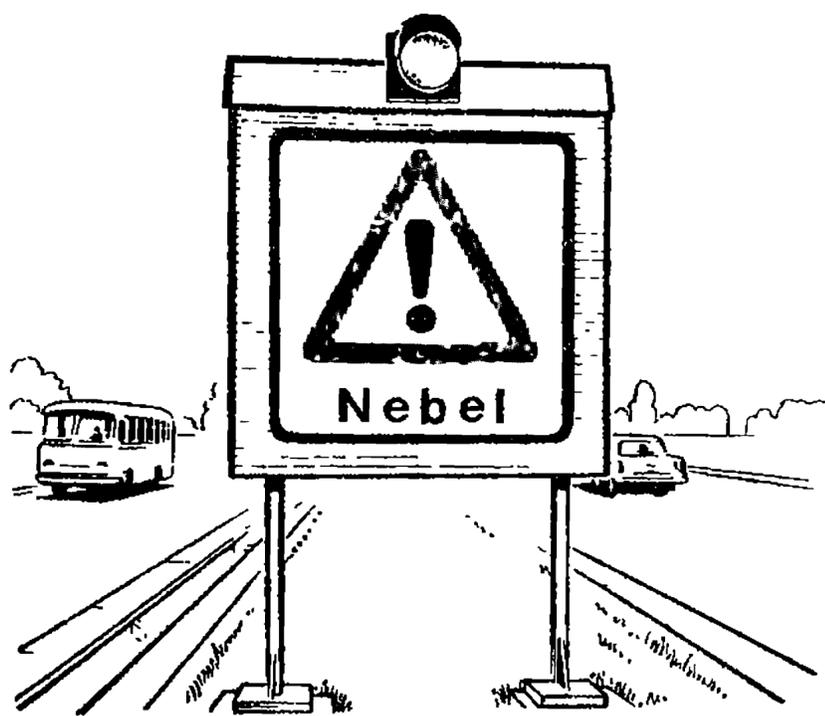


Рис. 10.14. Знак предупреждения с мерцающей лампой

вать на них скорости через интервалы 10—20 км/ч, переключать движение на параллельные маршруты.

Для обеспечения безопасности и своевременного вмешательства в режимы движения транспортных потоков большое значение имеет наличие на сложных участках дорог знаков с меняющимися показаниями, автоматически включающихся по сигналам установленных на дорогах датчиков, сигнализирующих о возникновении гололеда или снижении видимости из-за тумана.

На рис. 10.14 показан устанавливаемый в местах частых туманов на автомобильных магистралях в ФРГ знак предупреждения, на котором, кроме надписи «Туман», имеется мерцающая желтая лампа. Дальнейшим шагом в управлении движением являются проводившиеся в Великобритании опытные работы по установке в местах уплотнения транспортных потоков знаков, автоматически, по сигналам датчиков, предупреждающих водителей, что интервал между автомобилем опасно уменьшился для скорости их движения.

Обычные стандартные знаки не всегда бывают эффективны.

В случаях, когда хотят предупредить водителей о въезде на особенно опасные участки, устанавливают индивидуальные придорожные панно, воспроизводящие в крупном масштабе соответствующий дорожный знак, изображение аварийной ситуации и поясняющую надпись или лозунг. Эффективность этих знаков спорна и вызывает у водителей различную реакцию. Впечатление от них кратковременно.

Органы безопасности движения ищут более сильные способы воздействия на психологию водителей. Рядом с постами ГАИ

рольный пульт управления для дистанционного включения знаков, телефонная и радиосвязь с подвижными автомобильными постами медицинской и технической помощи и автомобилями дорожной полиции. Все участки соединены с вычислительным центром, суммирующим поступающие с них сведения в общую картину загрузки дорог о режимах движения и дорожно-транспортных происшествиях. В зависимости от интенсивности движения или погодных условий оператор может закрывать для движения отдельные полосы проезжей части, ограничи-

иногда устанавливают на постаментах на некоторое время разбитые при столкновениях автомобили.

На улицах некоторых городов Швейцарии выставляли около места гибели человека в дорожном происшествии траурный флаг.

В Японии около одного из железнодорожных переездов в одном уровне, где за короткое время погибло восемь человек, была установлена фигура «горькой вдовы» в белой траурной одежде, оплакивающей погибших и предупреждающей едущих. Непрерывной впечатляющей агитирующей информацией являются стоящие около полицейских постов на улицах Токио указатели числа погибших и раненых за предыдущий день в дорожно-транспортных происшествиях.

Правильная организация движения по дороге должна предусматривать возможность связи водителей с дорожно-эксплуатационными подразделениями и органами ГАИ, а в случаях поломки и аварий — с пунктами технической помощи.

Примерно 25% тяжелораненых в дорожно-транспортных происшествиях погибает из-за неоказания им своевременной медицинской помощи и некачественной доставки в больницу. Систему связи решают путем установки на дорогах телефонных аппаратов, соединенных прямым проводом или радиосвязью с подразделениями дорожной службы или ГАИ. Телефонные колонки устанавливают на придорожной полосе или на разделительной полосе автомобильных магистралей. Их окрашивают бросающейся в глаза издали ярко-желтой или красной краской и снабжают световозвращающими элементами, что делает их хорошо видимыми ночью.

Сообщение из переговорной колонки обыкновенно осуществляют нажатием кнопки с изображением красного креста или разводного гаечного ключа. Оно может быть дополнено разговором по вмонтированному микрофону и репродуктору. Такая система имеет преимущество, так как пострадавший в происшествии, находясь в состоянии шока, иногда не может четко выразить свои мысли, а в национальных многоязычных республиках или на дорогах с международными перевозками в помощи может нуждаться человек, не владеющий местным языком.

В знак принятия сигнала о помощи на колонке загорается лампочка.

На магистральных дорогах с интенсивным движением в период наибольшей загрузки производится патрулирование автомобилей технической помощи и службы организации движения, имеющих коротковолновую связь с дорожными организациями, медицинскими учреждениями и органами автомобильной инспекции.

## 10.7. Меры обеспечения безопасности движения

Меры, необходимые для четкой организации движения, не только на отдельных, особо сложных участках дороги, но и на всем ее протяжении зависят от интенсивности движения. Чем плотнее транспортный поток и выше его «турбулентность», характеризуемая числом обгонов, тем более четкая и продуманная система дорожных мероприятий, организующих движение, должна быть предусмотрена.

При необходимости проведения на каком-либо маршруте мероприятий, направленных на повышение безопасности движения, важно найти их минимум, обеспечивающий в кратчайшее время наибольший эффект.

При разной степени загрузки дороги движением необходимы различные строительные и организационные мероприятия. Они должны включать как индивидуальные меры на участках с пониженными значениями коэффициентов безопасности движения (табл. 10.2), так и общие для всей дороги мероприятия по регулированию движения (табл. 10.3), которые зависят от степени загрузки дороги движением.

Т а б л и ц а 10.2

Коэффициент безопасности	Строительные и эксплуатационные мероприятия	Средства по организации движения
>0,8	Укрепление примыкающих к дороге съездов	Осевая разметка проезжей части
0,6—0,8	Постройка тротуаров и велосипедных дорожек в населенных пунктах	Выделение разметкой участков обгона в одном направлении. Дорожные знаки, предупреждающие об изменении дорожных условий. Направляющие столбики в кривых
0,4—0,6	Устройство шероховатых поверхностных обработок, срезок видимости в плане, канализированных или кольцевых пересечений	Разметка, запрещающая обгон в обоих направлениях. Знаки ограничения скорости. Ограничения на обочинах
<0,4	Увеличение радиусов кривых в плане. Регулярный контроль коэффициента сцепления и восстановление поверхностной обработки. Устройство шумовых или трясущих полос	Индивидуальные знаки перед очень опасными местами. Установка зеркал или устройство возвышающихся разделительных островков в кривых малых радиусов при невозможности устройства срезок видимости. Знаки, запрещающие остановку

Уровень удобства	Коэффициент загрузки и уровень эмоциональной напряженности	Строительные и эксплуатационные мероприятия	Средства по организации движения
А	0,1; опасно низкий	Укрепление обочин	Осевая разметка. Предупреждающие знаки
Б	0,2	Шероховатые поверхностные обработки. Улучшение видимости на особо опасных участках. Устройство виражей, уширение проезжей части в кривых малых радиусов	Разметка, запрещающая обгон в кривых малого радиуса и в местах ограничения видимости. Уширения для остановки автобусов. Направляющие столбики
В	0,2—0,45; высокий	Дополнительные полосы проезжей части в верхней части подъемов. Выборочное улучшение видимости на участках обгонов. Канализированные пересечения с островками на второстепенной дороге	Знаки рекомендуемых скоростей движения. Разметка, регулирующая возможность обгонов. Уширения для остановки автобусов с плавным отгоном въездов
В	0,45—0,7; опасно высокий	Канализированные или кольцевые пересечения в одном уровне. Дополнительные полосы на всей длине подъемов. Переходно-скоростные полосы на пересечениях в одном уровне	Ограничение обгонов. Автобусные остановки, отделенные островком. Знаки над проезжей частью. Светофорное регулирование на особо опасных местах. Освещение опасных мест
Г	0,7—1; нижний	Уширение дороги путем укладки покрытий на обочинах. Реконструкция участков, особо опасных или имеющих низкую пропускную способность. Устройство пересечений в разных уровнях. Освещение дороги	Оперативная информация водителей об опасных дорожных условиях. Знаки рекомендуемых интервалов и скоростей движения. Введение автоматизированной системы регулирования. Переключение движения или отдельных видов транспортных средств на параллельные маршруты

В табл. 10.2 и 10.3 предусматривается, что мероприятия для каждой последующей стадии являются дополнительными к рекомендованным для предыдущих стадий.

Приведенная система мероприятий является гибкой, может выполняться стадийно и совершенствоваться по мере роста интенсивности движения.

Опубликованные немногочисленные статистические материалы об эффективности проводимых мероприятий по организации движения приводят к выводам об их влиянии на уменьшение количества или тяжести дорожно-транспортных происшествий, указанных в табл. 10.4.

Таблица 10.4

Мероприятия	Снижение происшествий, %		
	общее число	раненые	погибшие
<i>Установка дорожных знаков</i>			
В среднем	20		
«Уступите дорогу» и «Движение без остановки запрещено»		90	
«Главная дорога обязательна»	15	75	50
«Опасный поворот» или ограниченной видимости	30	—	30
На пересечениях в одном уровне	16	—	7
<i>Устройство разметки</i>			
На мостах	—	—	22
Осевой и краевой:			
на прямых участках	—	—	16
на кривых	—	—	25
на пересечениях	20	—	12
<i>Ограждения дорог</i>			
На кривых	10	—	—
На мостах	30	—	—
На спусках	12	—	—
<i>Организация движения в населенных пунктах</i>			
Ограничение скорости	16	20	—
Оборудование стояночных площадок	15	—	—
Освещение улиц	45—75	50	—

Приведенные цифры снижения количества происшествий относятся не к общему числу происшествий на дороге, а только к тем происшествиям, против которых направлены мероприятия. Так, например, снижение происшествий от установки знака «Главная дорога» относится только к происшествиям, связанным с неожиданными выездами автомобилей с примыкающих дорог.

Приведенные данные основаны на ограниченном отечественном и зарубежном опыте и могут служить только для самой общей ориентировки при оценке намечаемых мероприятий. Важность получения достоверных значений по опыту отечественной практики требует накопления опыта путем проведения дорожными организациями обширных наблюдений по методике «до проведения мероприятий» и «после их проведения».

## Контрольные вопросы

1. Какие работы, направленные на организацию дорожного движения, выполняет служба ремонта и эксплуатации автомобильных дорог?
2. В чем заключается идея «пассивного» регулирования движения?
3. В чем проявляется эффект общего ограничения скорости движения по дорогам?
4. Зачем и в каких условиях устраивают трясущие и шумовые полосы?
5. Какие существуют типы разметки проезжей части и в каких случаях они применяются?
6. Как использовать график коэффициентов безопасности для рационального размещения дорожных знаков?
7. Как определить расстояние до места установки указателей направлений от пересечений дорог?

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

До тех пор, пока режимы и траектории движения транспортных средств будут подчинены только решениям находящихся за их рулем людей, можно говорить о безопасности движения, понимая под ней возможность осуществления автомобильных перевозок с экономически эффективными скоростями при минимальном количестве дорожно-транспортных происшествий, вызываемых заранее неустраняемыми причинами. К их числу могут быть отнесены связанные с дефектами изготовления или усталостные поломки деталей автомобилей, не контролируемых при регулярном техническом обслуживании, внезапное заболевание водителя, повлекшее за собой потерю сознания, стихийное бедствие, вызвавшее разрушение дороги или резкое ухудшение ее транспортно-эксплуатационных качеств.

Зависимость дорожно-транспортных происшествий от дорожных условий позволяет сформулировать ряд требований к безопасным дорогам:

психологическая ясность направления дороги, в том числе и на участках, расположенных за пределами непосредственной видимости. Зрительное ориентирование водителя в направлении дороги на расстояниях, превышающих нормативные значения видимости;

возможность движения транспортных потоков и одиночных автомобилей на участках всех дорог (кроме автомобильных магистралей), расположенных в стесненных условиях рельефа и ситуации, независимо от их категории, со скоростями, которые по опыту эксплуатации соответствуют минимальному количеству происшествий при современном составе и квалификации водителей (80—90 км/ч). В сколько-нибудь сложных условиях рельефа нецелесообразно ориентироваться при проектировании дорог на конструктивные скорости наиболее совершенных автомобилей, выпускаемых в небольшом количестве. Нельзя требовать, чтобы дороги гарантировали безопасность проведения гонок скоростных автомобилей;

взаимное сочетание элементов плана и продольного профиля, обеспечивающее в стесненных условиях рельефа и ситуации возможность проезда смежных участков дороги с изменением скорости не более чем на 20%, не прибегая к переключению скоростей

и торможению, только путем регулирования нажатия на педаль управления дроссельной заслонкой. При соблюдении этого условия минимальные значения элементов дороги должны обеспечивать скорость не ниже средних скоростей современных грузовых автомобилей на дорогах в аналогичных условиях движения;

сочетания элементов дороги и окружающего ландшафта, обеспечивающие оптимальную эмоциональную нагрузку водителей. Активным способом воздействия на нее являются декоративное озеленение и средства архитектуры, дающие возможность регулировать нервно-психическую напряженность водителей, проявляющуюся в изменении скорости движения;

видимость из условия обгона на всем протяжении дороги, а на 60—70% ее протяженности видимость, превышающая необходимую из условий обгона. Расстояния видимости должны соответствовать скорости на каждом из участков;

разделение встречных транспортных потоков широкой полосой, поверхность которой должна создавать сопротивление движению, вызывающее остановку автомобиля, заехавшего на полосу;

наличие дополнительных полос движения в местах, где часть транспортного потока едет с малой скоростью, снижает скорость или вливается в поток на главной дороге. Устройство специальных дорожек для пешеходов и велосипедистов;

соответствие ширины полос движения на проезжей части скоростям движения, обеспечиваемым элементами плана и продольного профиля дороги;

отсутствие на земляном полотне и вблизи от него на придорожной полосе элементов искусственных сооружений и дорожной обстановки, опасных при наезде или влияющих на скорость и траекторию движения автомобилей;

прочная ровная и шероховатая поверхность покрытий и обочин. Разница в сопротивлении движению и коэффициентах сцепления покрытия и обочин должна быть малой при контрастном различии внешнего вида или разделении линиями разметки;

соответствие плана участков, на которых происходит поворот с разгоном или замедлением, закономерностям изменения ускорения движения автомобилей и оптимальным режимам поворота рулевого колеса;

планировка въездов на автобусные остановки и стояночные площадки, а также очертание островков на пересечениях канализированного типа в одном уровне, обеспечивающие плавность изменения траектории движения, описываемой автомобилями, при оптимальных для работы водителей и комфортабельных для пассажиров скоростях движения;

ненавязчивая, но подробная информация о направлении дороги и оптимальных режимах движения по ней автомобилей. Дорожные знаки и другие средства информации должны ориентировать

Инструкция по перевозке крупногабаритных и тяжелых грузов автомобильным транспортом/ВНИИБД МВД СССР. М., 1977. 40 с.

Инструкция по учету дорожно-транспортных происшествий на автомобильных дорогах общего пользования. ВСН 15-87/Минавтодор РСФСР. М.: Транспорт, 1988. 41 с.

Инструкция по борьбе с зимней скользкостью. ВСН 20-86/Минавтодор РСФСР. М.: Транспорт, 1988. 41 с.

Инструкция по оценке качества текущего ремонта и содержания автомобильных дорог. ВСК 10-87/Минавтодор РСФСР. М.: Транспорт, 1987. 21 с.

Инструкция по учету потерь народного хозяйства от дорожно-транспортных происшествий при проектировании автомобильных дорог. ВСН 3-81/Минавтодор РСФСР. М.: Транспорт, 1982. 54 с.

Технические правила ремонта и содержания автомобильных дорог. ВСН 24-88/Минавтодор РСФСР. М.: Транспорт, 1989. 198 с.

Указания по обеспечению безопасности движения на автомобильных дорогах. ВСН 25-86/Минавтодор РСФСР. М.: Транспорт, 1988. 183 с.

Указания по применению дорожных знаков/МВД СССР, Минавтодор РСФСР. М.: Транспорт, 1984. 112 с.

Указания по разметке автомобильных дорог. ВСН 25-75/Минавтодор РСФСР. М.: Транспорт, 1976. 124 с.



## ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение . . . . .	3
<b>Глава 1. Дорожная сеть России и проблемы безопасности движения . . . . .</b>	<b>7</b>
1.1. Сеть дорог России, задачи ее развития и обеспечения безопасности движения . . . . .	7
1.2. Транспортно-эксплуатационные характеристики дорог России в характерных природных районах . . . . .	10
1.3. Характеристики дорожно-транспортных происшествий . . . . .	14
1.4. Потери от дорожно-транспортных происшествий . . . . .	16
1.5. Роль дорожных условий в обеспечении безопасности движения . . . . .	19
1.6. Сезонные изменения состояния дороги и их влияние на возникновение происшествий . . . . .	22
1.7. Загрузка дороги движением, ее пропускная способность и безопасность движения . . . . .	26
1.8. Опасные места на дорогах . . . . .	30
<b>Глава 2. Причины возникновения происшествий, связанных с дорожными условиями . . . . .</b>	<b>33</b>
2.1. Восприятие водителями дорожных условий и режимы движения по дорогам . . . . .	33
2.2. Эмоциональная напряженность водителей при движении по дороге . . . . .	37
2.3. Пути предотвращения происшествий, связанных с дорожными условиями . . . . .	41
<b>Глава 3. Учет требований безопасности движения в нормах на проектирование дорог . . . . .</b>	<b>44</b>
3.1. Роль составляющих комплекса дорога — автомобиль — водитель в безопасности движения . . . . .	44
3.2. Обоснование расчетных скоростей движения . . . . .	48
3.3. Расчетные схемы и характеристики движения автомобилей, параметры водителей . . . . .	49
3.4. Расчетная интенсивность, режимы и безопасность движения по дороге . . . . .	53
<b>Глава 4. Влияние режимов движения и отдельных элементов дороги на опасность дорожно-транспортных происшествий . . . . .</b>	<b>59</b>
4.1. Влияние элементов трассы на безопасность движения . . . . .	59
4.2. Влияние интенсивности и скорости движения . . . . .	60
4.3. Влияние элементов поперечного профиля . . . . .	64
4.4. Влияние числа полос движения на проезжей части и ширины разделительной полосы . . . . .	68
4.5. Влияние расстояния видимости . . . . .	71
4.6. Влияние продольных уклонов и радиусов кривых в плане . . . . .	76
	269

4.7.	Влияние искусственных сооружений . . . . .	79
4.8.	Влияние крутизны откосов насыпей и препятствий на придорожной полосе . . . . .	81
4.9.	Участки дорог в пределах малых населенных пунктов . . . . .	87
4.10.	Пересечения и примыкания дорог в одном уровне . . . . .	90
4.11.	Пересечения дорог в разных уровнях . . . . .	97
<b>Глава 5.</b>	<b>Взаимное сочетание элементов дороги и безопасность движения . . . . .</b>	<b>102</b>
5.1.	Сочетания элементов трассы . . . . .	102
5.2.	Прямые участки дорог . . . . .	103
5.3.	Извилистость трассы в плане . . . . .	105
5.4.	Сочетания элементов трассы и безопасность движения . . . . .	110
5.5.	Экологическая обстановка и безопасность движения . . . . .	115
<b>Глава 6.</b>	<b>Методы оценки опасных участков дорог . . . . .</b>	<b>120</b>
6.1.	Пути подхода к выявлению опасных участков дорог . . . . .	120
6.2.	Оценка условий движения по линейным графикам коэффициентов аварийности . . . . .	125
6.3.	Оценка трассы методами коэффициентов безопасности и шума ускорений . . . . .	133
6.4.	Метод конфликтных ситуаций . . . . .	138
6.5.	Оценка безопасности движения на пересечениях автомобильных дорог в одном уровне . . . . .	141
6.6.	Оценка безопасности движения на пересечениях в разных уровнях . . . . .	143
<b>Глава 7.</b>	<b>Обследование дорог для оценки безопасности движения . . . . .</b>	<b>147</b>
7.1.	Задачи обследования дорог . . . . .	147
7.2.	Определение геометрических элементов дороги . . . . .	149
7.3.	Измерение скоростей движения . . . . .	153
7.4.	Оценка ровности и коэффициента сцепления покрытий . . . . .	155
7.5.	Оценка интенсивности движения . . . . .	161
<b>Глава 8.</b>	<b>Способы устранения опасных мест на дорогах . . . . .</b>	<b>164</b>
8.1.	Принципы устранения опасных мест на дорогах . . . . .	164
8.2.	Очередность проведения мероприятий по обеспечению безопасности движения . . . . .	169
8.3.	Исправление продольного профиля и улучшение условий движения на подъемах и спусках . . . . .	172
8.4.	Улучшение условий движения по кривым малого радиуса в плане . . . . .	176
8.5.	Перепланировка пересечений как средство повышения безопасности движения . . . . .	180
8.6.	Устройство пересечений канализированного типа . . . . .	182
8.7.	Оборудование железнодорожных переездов . . . . .	187
8.8.	Оборудование автомобильных дорог для обеспечения безопасности пешеходов . . . . .	189
8.9.	Велосипедные дорожки . . . . .	192
8.10.	Экономическое обоснование мероприятий по обеспечению безопасности движения . . . . .	196
8.11.	Эффективность мероприятий по устранению опасных мест на дорогах . . . . .	197
<b>Глава 9.</b>	<b>Обеспечение безопасности движения по дорогам в процессе текущего содержания . . . . .</b>	<b>201</b>
9.1.	Роль службы ремонта и содержания дорог в обеспечении безопасности движения . . . . .	201
9.2.	Учет и накопление данных о дорожно-транспортных происшествиях . . . . .	202

9.3.	Влияние погодных условий на безопасность движения . . . . .	206
9.4.	Борьба со скользкостью покрытий . . . . .	210
9.5.	Повышение ровности покрытий . . . . .	218
9.6.	Ограждение дорог . . . . .	220
9.7.	Улучшение условий ночного движения . . . . .	227
9.8.	Обеспечение безопасности движения при ремонтных работах на дороге . . . . .	233
9.9.	Организация перевозок большегабаритных и тяжеловесных грузов и пропуск интенсивного движения . . . . .	236
<b>Глава 10.</b>	<b>Роль организационных мероприятий в повышении безопасности движения . . . . .</b>	<b>239</b>
10.1.	Роль организации движения в обеспечении его безопасности . . . . .	239
10.2.	Обеспечение безопасности движения пешеходов . . . . .	240
10.3.	Управление скоростями движения автомобилей . . . . .	243
10.4.	Регулирование использования водителями ширины проезжей части дороги . . . . .	248
10.5.	Предупреждение водителей о дорожных условиях установкой знаков . . . . .	252
10.6.	Оперативная информация водителей о дорожных условиях и обстановке движения . . . . .	256
10.7.	Меры обеспечения безопасности движения . . . . .	260
	Заключение . . . . .	264
	Список литературы для углубленного изучения . . . . .	267