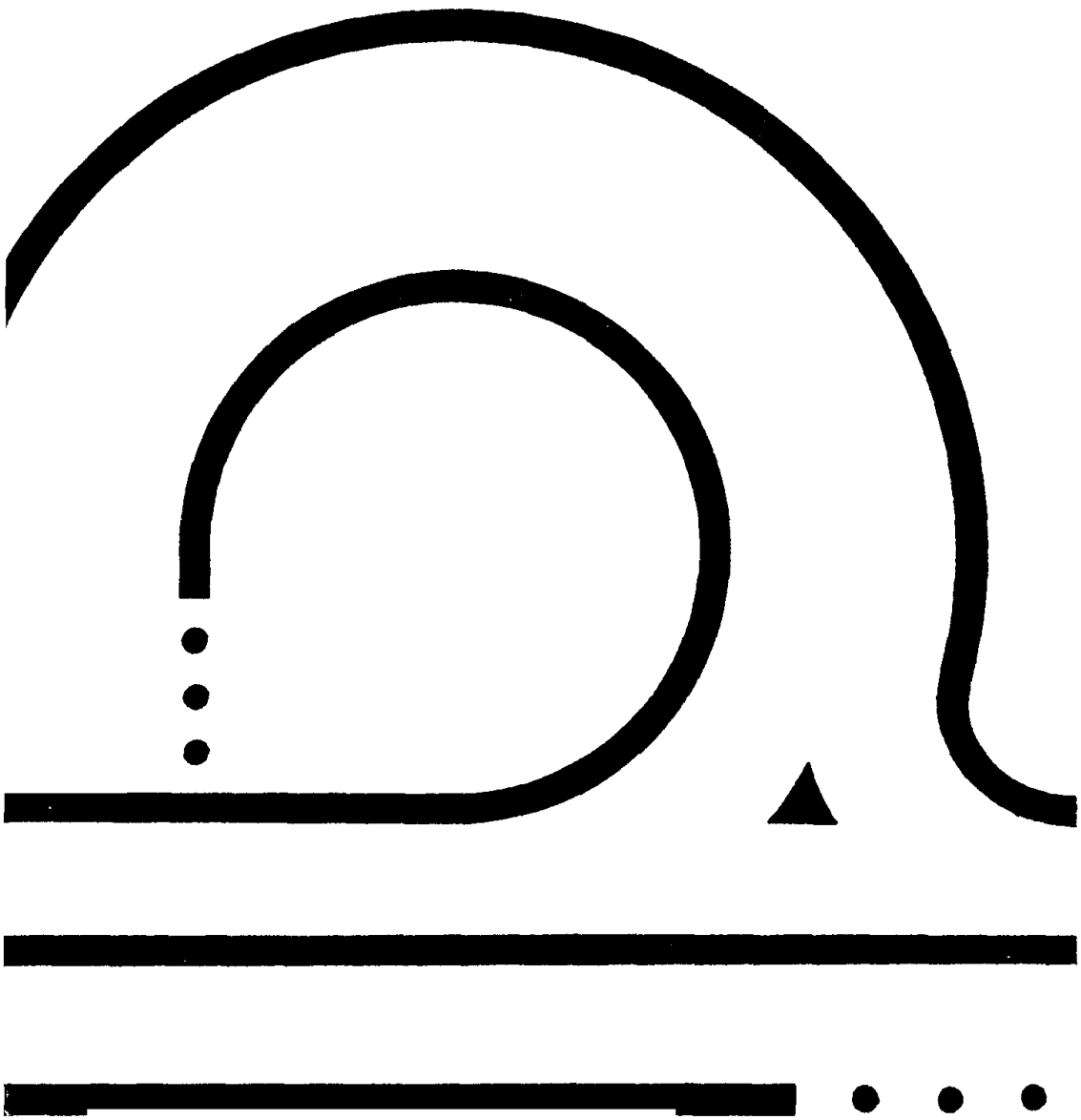
МЕТОДЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПАССИВНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ



gost.e-ecolog.ru

В пособии рассматриваются роль и место пассивной безопасности в системе мер по организации дорожного движения, обобщается отечественный и зарубежный опыт применения различных типов дорожных ограждений на основе анализа статистики дорожно-транспортных происшествий, связанных с опрокидываниями и выходом автомобилей за пределы земляного полотна, а также с наездами на элементы дорожной обстановки.

В разработке пособия приняли участие В.Я.Буйленко, С.Г.Бородина, Н.Н.Чуклинов (ВНИИБД МВД СССР), В.П.Залуга (МАДИ), В.А.Астров, Б.М.Елисеев (Союздорнии).

© ВНИИБД МВД СССР, 1980

ВВЕДЕНИЕ

Перед сотрудниками Государственной автомобильной инспекции и работниками дорожно-эксплуатационных организаций стоят сложные задачи по качественному совершенствованию автомобильных дорог. Несмотря на значительный объем работ по строительству и реконструкции дорожной сети страны, еще не созданы необходимые условия для быстрой и бесперебойной работы автомобильного транспорта. Особую актуальность приобретает разработка специальных методов и средств, обеспечивающих уменьшение вредных последствий дорожно-транспортных происшествий.

Статистические данные свидетельствуют, что опрокидывание транспортных средств, их выезд за пределы земляного полотна, столкновение с элементами обстановки и сооружений, расположенных на полосе отвода дороги и придорожного пространства, составляют четвертую часть дорожно-транспортных происшествий.

Отсутствие энергоемких конструкций дорожных сооружений, ударобезопасных элементов стоек дорожных знаков, неправильная установка опор освещения, связи и линий электропередач, массивность конструкций опор путепроводов, как правило, способствуют увеличению тяжести последствий наездов транспортных средств. Отчасти это объясняется тем, что пока не разработаны нормативные документы и достаточно четкие и обоснованные рекомендации по конструированию элементов дорожной обстановки и их установке.

В пособии приведены основные методы снижения тяжести последствий дорожно-транспортных происшествий. Значительная часть работы посвящена систематизации накопленного в СССР и за рубежом опыта научных исследований и опытно-конструкторских разработок в этой области.

I. МЕСТО ПАССИВНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ В СИСТЕМЕ МЕР ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ БЕЗОПАСНОСТИ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ

I.I. НАРОДНОХОЗЯЙСТВЕННОЕ ЗНАЧЕНИЕ ПРОБЛЕМЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПАССИВНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ

Непрерывный рост автомобильного парка СССР, повышение интенсивности и скорости движения транспортных средств постоянно увеличивают вероятность возникновения дорожно-транспортных происшествий. Это требует разработки и осуществления эффективных мер по предупреждению ДТП и снижению числа погибших и раненых в них.

В решении проблемы обеспечения безопасности дорожного движения существует два основных направления (рис. I):

разработка и внедрение методов и средств, предупреждающих возникновение дорожно-транспортных происшествий;

создание конструктивных элементов автомобиля и установка специального оборудования на дороге, снижающих тяжесть последствий ДТП.

По аналогии с терминологией, применяемой в автомобильной промышленности, данные комплексные направления именуются системами активной и пассивной безопасности (табл. I).

Практически до 60-х гг. при организации дорожного движения преимущественно использовались методы, связанные с первым направлением.

Рис. I. Основные направления обеспечения активной и пассивной безопасности дорожного движения

Таблица I

Нормативное обеспечение требований активной и пассивной безопасности комплекса "А-В-Д"

Элементы активной безопасности	Нормативные документы и формы контроля, определяющие основные требования	Элементы пассивной безопасности	Нормативные документы и формы контроля, определяющие основные требования
I	2	3	4
		АВТОМОБИЛЬ (легковой)	
Весовые параметры и габариты	ГОСТ 9314-59	Безопасность конструкции рулевого управления	ОСТ 37.001.002-70
Тормозные свойства автомобильного подвижного состава	ГОСТ 22895-77	Запирающие механизмы дверей и конструкция их навески	ОСТ 37.001.032-72 ОСТ 37.001.033-72
Шины	ГОСТ 4754-74	Наружные детали	ГОСТ 1902-74
Приборы наружного освещения	ГОСТ 8769-75	Внутреннее оборудование транспортных средств (интерьер, стекла, панели приборов, противосолнечные козырьки, рычаги, рукоятки, конструкция рулевой колонки, сиденья и т.д.)	ОСТ 37.001.013-70 ГОСТ 3544-75 и др.
Рабочее место водителя	ГОСТ 12.2.023-76		
Органы управления	ОСТ 37.001.017-70		

Окончание табл. I

I	2	3	4
	ВОДИТЕЛЬ		
Медицинские требования	Специальные требования Минздрава СССР	Режим труда	Частичный отраслевой контроль
Знание и соблюдение Правил. дорожного движения	Сдача экзаменов, контроль ГАИ	Своевременная медицинская помощь	Оказание первой медицинской помощи, специализация лечебных учреждений
	ДОРОГА		
Рациональное сочетание элементов плана и продольного профиля	СНиП II-Д.5-72 СНиП II.60-75 ВСН I03-74	Ограждения Опоры дорожных знаков	ВСН 24-75 (частично) ВСН 25-76 (частично) СНиП II-Д.5-72 (частично)
Назначение параметров геометрических элементов	СНиП II-Д.5-72 СНиП II. 60-75 ВСН I03-74	Колонки светофоров Опоры освещения	
Обеспечение средствами регулирования движения	ГОСТ I0807-78 ГОСТ 23457-79	Конструкция водоотводных сооружений	При назначении конструкции и параметров размещения требования безопасности движения не учитываются
Разметка проезжей части	ГОСТ I0807-78 ГОСТ 23457-79	Другие элементы придорожной обстановки	

Безопасность движения на автомобильных дорогах обусловлена уровнем подготовки и мастерства водителей, техническим состоянием автомобилей, степенью насыщенности дорог средствами регулирования, эксплуатационным состоянием дорожной сети и т.д. В свою очередь каждый из этих факторов находится в прямой зависимости от экономических возможностей государства, уровня развития отраслей промышленности, согласованности организационно-технических направлений деятельности различных ведомств, имеющих отношение к процессу дорожного движения. Вот почему в СССР и многих зарубежных странах до настоящего времени стандартизация требований к элементам дорожной сети, конструкции транспортных средств и участию человека в процессе дорожного движения происходила в основном за счет совершенствования системы активной безопасности.

Ныне в нашей стране протяженность автомобильных дорог с твердым покрытием составляет около 540 тыс. км, причем значительная их часть построена по устаревшим техническим нормативам и требует реконструкции. В таких условиях наиболее эффективно применение менее капиталоемких методов и средств активной безопасности, а также резкое повышение пассивной безопасности дорог.

Сущность пассивной безопасности улиц и автомобильных дорог состоит в снижении тяжести последствий дорожно-транспортных происшествий путем изменения траектории движения транспортного средства, внезапно потерявшего управление, и удержания его в определенном пространстве, в уменьшении нагрузок при ударе о дорожные сооружения, а также в использовании защитных устройств для исключения конфликтных ситуаций между транспортными и пешеходными потоками.

В последние годы широкое распространение получили различные механические устройства, которые за счет деформации превращают кинетическую энергию автомобиля в тепловую или потенциальную. Оптимальный вариант такого устройства обеспечивает постепенный переход энергии из одного вида в другой и препятствует возникновению пластических деформаций конструкции транспортных средств и самого сооружения. Однако их сложность и высокая стоимость обусловливают применение устройств, допускающих появление остаточных деформаций.

Опасными "препятствиями" на дорогах являются опоры дорожных знаков, линий связи и электропередач, монолитные конструкции мостов, путепроводов, а также другие массивные элементы. Для обеспечения пассивной безопасности необходимо удалить их от проезжей части, либо заменить конструкцию, или принять меры по их защите.

Непосредственно связаны с пассивной безопасностью дорог такие виды дорожно-транспортных происшествий, как опрокидывания транспортных средств и наезды на различные препятствия. Для них характерна довольно высокая тяжесть последствий (табл. 2).

Таблица 2

Тяжесть последствий ДТП в зависимости от их вида, по годам

Вид ДТП	1974	1976	1978
	Число погибших на 100 ДТП данного вида, %		
1	2	3	4
Столкновение	16,3	16,0	17,3
Опрокидывание	22,5	21,5	22,2
Наезд на препятствие	17,2	16,5	16,9
Наезд на пешехода	18,2	18,4	18,9

Окончание табл. 2

I	2	3	4
Наезд на велосипедиста	I9,2	I9,4	20,4
Наезд на стоящее транспортное средство	I9,6	I7,4	I7,5
Наезд на гужевой транспорт	20,4	22,5	2I,0
Наезд на животных	6,5	7,0	7,7
Падение пассажиров	28,7	28,8	29,6
Прочие происшествия	24,0	2I,I	22,6

По статистическим данным, ежегодно на долю опрокидываний и наездов на препятствие приходится около 23-25% ДТП, причем более 80% автомобилей, мотоциклов, тракторов и другой самоходной техники, участвовавшей в происшествии, выехали за пределы проезжей части и земляного полотна дороги. В каждом 4-5-м опрокидывании и в каждом 6-м наезде имеются погибшие, и практически во всех происшествиях зафиксированы раненые водители и пассажиры (табл. 3).

Таблица 3

Тяжесть последствий при опрокидываниях и наездах на препятствия, по годам

Вид ДТП	I974	I976	I978
	Число погибших/раненых на 100 ДТП данного вида, %		
I	2	3	4
Опрокидывание	22,5 / 98,4	2I,5 / 96,0	22,2 / 94,8

Окончание табл. 3

I	2	3	4
Наезд на препятствие	I7,2 / I0I,6	I6,5 / I00,3	I6,9 / 96,0
Опрокидывание и наезд на препятствие	2I,4 / 99,0	20,2 / 97,0	2I,06 / 95,I

Около 66% опрокидываний приходится на автомобильные дороги, из них свыше одной трети - на дороги ведомственного и внутрихозяйственного значения. Наибольший процент таких происшествий зафиксирован на дорогах общегосударственного и республиканского значения. В городах и других населенных пунктах общее количество опрокидываний составляет 29-30%, причем половина из них происходит в сельской местности.

Наезды на препятствия (60%) совершаются в основном в населенных пунктах, причем в республиканских, краевых и областных центрах это количество в I,5 раза больше, чем в других городах и населенных пунктах. На автомобильных дорогах происходит около 40% наездов на препятствия, половина из них - на дорогах ведомственного и внутрихозяйственного значения.

I.2. СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ СНИЖЕНИЯ ТЯЖЕСТИ ПОСЛЕДСТВИЙ ДОРОЖНО-ТРАНСПОРТНЫХ ПРОИСШЕСТВИЙ

I.2.I. Нормирование требований к элементам дорожной обстановки, связанных с пассивной безопасностью дорог

Основное направление в обеспечении пассивной безопасности автомобильных дорог связано, как правило, с выбором и установкой различных типов ограждающих устройств, стоек дорожных зна-

ков и опор наружного освещения, которые благодаря прогибу или упругой деформации конструкции позволяют изменять траекторию движения наехавших на них автомобилей, поглощать кинетическую энергию удара или уменьшать до минимума сам удар.

В связи с возникшими требованиями к снижению тяжести последствий наездов транспортных средств на предметы дорожной обстановки и придорожного пространства в некоторых зарубежных странах обобщен накопленный опыт и разработаны нормативные документы в этой области. В частности, в Испании действуют "Нормы применения барьеров безопасности"; в Швеции - "Транспортные магистрали на внегородских участках Ао 110:1"; в Нидерландах - "Временная инструкция по установке ограждений"; в ФРГ - требования к установке ограждений изложены в технических условиях на проектирование дорог (*RAL*); в США-в "Руководстве по обеспечению безопасности дорожного движения "(*Handbook of Highway safety design and operating practics US Department of Transportation Federal Highway Administration*).

В СССР основные требования к обеспечению пассивной безопасности автомобильных дорог сосредоточены в Строительных нормах и правилах на проектирование и реконструкцию автомобильных дорог (СНиП II-Д.5-72), Технических правилах ремонта и содержания автомобильных дорог (для РСФСР - ВСН 24-75), Указаниях по организации и обеспечению безопасности движения на автомобильных дорогах (для РСФСР - ВСН 25-76), Государственном стандарте "Технические средства организации дорожного движения. Правила применения" (ГОСТ 23457-79), рекомендациях минавтодоров и минжилкомхозов и ведомств по распространению и внедрению передового опыта, типовых проектах, разрабатываемых головными проектными институтами.

Наиболее широко распространены дорожные ограждения, которые по принципу работы и степени деформативности могут быть отнесены к следующим основным классам: жесткие, полужесткие, эластичные и полуэластичные.

I.2.2. Жесткие дорожные ограждения

Класс жестких ограждений представлен преимущественно сборными и монолитными бетонными и железобетонными конструкциями (бордюрные камни, парапеты и т.д.).

Бордюрные камни подразделяются на два типа:

бордюры высотой от 15 до 30 см с достаточно крутой лицевой кромкой, которые удерживают автомобиль на проезжей части;

бордюры высотой не более 15 см с гладкой закругленной или скошенной лицевой кромкой, допускающие переезд автомобиля.

Бордюр, имеющий ограниченную высоту, не всегда может изменить траекторию движения автомобиля. Если его верхняя грань ниже центра массы наехавшего транспортного средства, то при определенных условиях возникает опрокидывающий момент. С другой стороны, в том случае, если бордюр значительно изменяет траекторию, повреждения автомобиля от наезда на него значительно меньше, чем при столкновениях с другими видами ограждений.

Результаты проведенных в середине 50-х гг. исследований эффективности применения бордюров различного типа показали, что для удержания транспортного средства на проезжей части следует использовать бордюры высотой не менее 25 см, с уступом в верхней части у гладкой поверхности (рис. 2,а). По мнению специалистов, данными бордюрами можно оборудовать участки дорог, проложенные через населенные пункты, где разрешенная скорость движения 50-60 км/ч. На внегородских автомобильных дорогах хорошо зарекомендовали себя бордюры конструкции " *Trief* " (рис. 2, б).

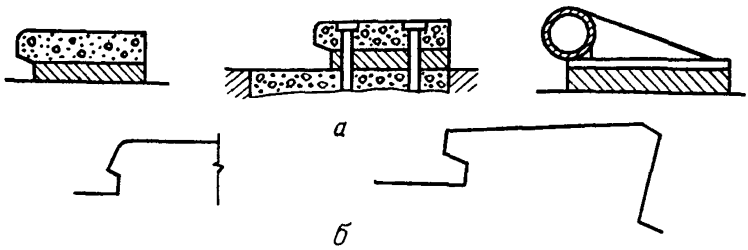


Рис. 2. Бордюры различных конструкций:
а – испытываемые типы; б –„*Trief*"

В США в последние годы испытаны различные типы жестких бетонных ограждений. Наилучшими признаны конструкции "*New Gersy*" и "*General motors* " (рис. 3, а). Высота ограждения составляет 81,2 см, ширина основания – 51–76 см, наклон нижней грани – до 55°. Поверхность имеет форму параболической кривой, спрофилированной таким образом, чтобы кузов автомобиля не мог коснуться ограждения при наезде под небольшим углом. Ширина и толщина конструкции рассчитаны из условия противодействия разрушению кузовом автомобиля и предотвращения опрокидывания ограждения.

При угле наезда до 10° изменение направления движения достигается воздействием ограждения на колеса транспортного средства. Поглощение энергии происходит за счет сжатия подвески автомобиля (а не деформации кузова). При углах наезда до 25° и скорости движения легкового автомобиля около 100 км/ч ограждение изменяет направление движения, но возможно значительное повреждение кузова.

Ограждения данного типа могут использоваться в качестве опорной части столбов наружного освещения, дорожных знаков, информационных щитов, противотуманных и противоослепляющих экранов, а также при ремонтно-строительных работах.

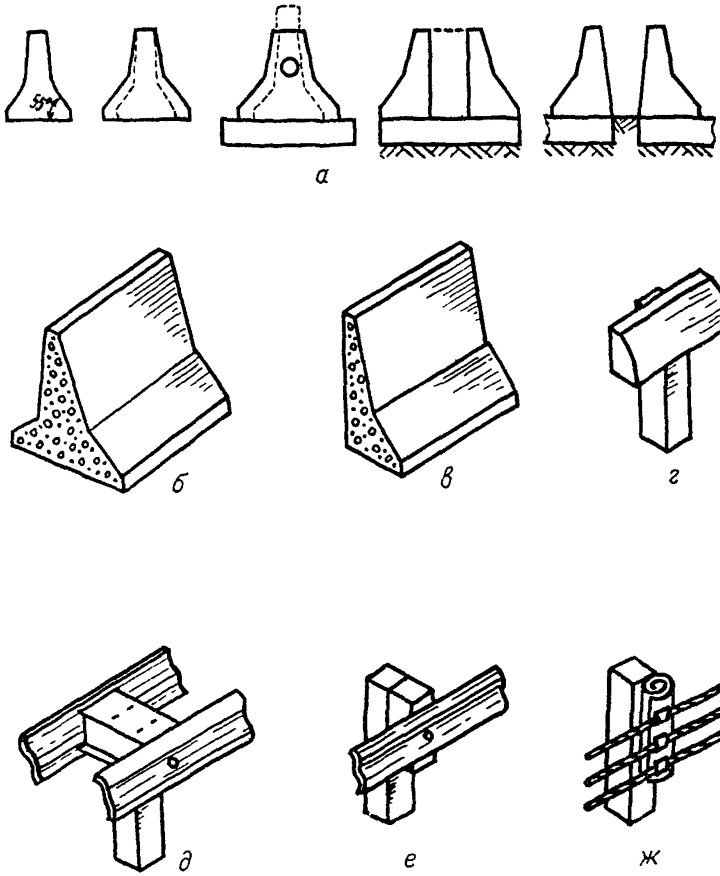


Рис. 3. Конструкции дорожных ограждений:

а - жесткого типа *New Gersy* и его модификации; б,в - парапетного типа со специальным профилем боковой поверхности; г - из железобетонных балок на железобетонных стойках; д,е - из стальных балок волнообразного профиля на деревянных или стальных стойках; ж - тросовые на железобетонных или деревянных стойках

В СССР наиболее широко применяются бетонные и железобетонные парапеты и железобетонные балочные ограждения (рис. 3, б, в, г), имеющие прямоугольное сечение. Монолитные бетонные и железобетонные конструкции устанавливаются в основном на горных дорогах и разделительной полосе. Они обеспечивают отклонение траектории движения наехавших автомобилей при существенной деформации кузова.

Балочные конструкции из железобетона используются на участках, где допускаются лишь незначительные прогибы.

I.2.3. Полужесткие, эластичные и полуэластичные дорожные ограждения

Решающую роль в снижении тяжести последствий дорожно-транспортных происшествий играют полужесткие, эластичные и полуэластичные ограждения.

Данные исследований, проведенных в некоторых странах, показали, что наиболее эффективны металлические ограждения, которые равномерно распределяют ударную нагрузку на опоры и благодаря гибкости снижают отрицательное ускорение. Особенно часто используются конструкции полужесткого типа, состоящие из стальных или деревянных стоек, на которых закреплена металлическая профильная балка W-образного сечения или балка из прямоугольной трубы (рис. 3, д, е,).

Типичная разновидность эластичных ограждений - тросовые (рис. 3, ж).

В результате натурных испытаний установлено, что конструкции ограждений с прочными балками и стойками с ослабленным сечением и конструкции с жесткими массивными стойками и деформируемыми балками одинаково эффективны.

Во Франции отделом по строительству искусственных сооружений Управления по техническому изучению автомобильных дорог

разработаны ограждения с верхней перильной частью, применяемые на мостах и путепроводах при наличии пешеходного движения. Конструкции высотой 0,75 м с тремя горизонтальными балками, закрепленными на стойках, установленных через 2 м, применяются на мостах и путепроводах, где нет пешеходного движения (рис. 4, а).

При наличии тротуаров используются ограждения со специальными поручнями (рис. 4, б).

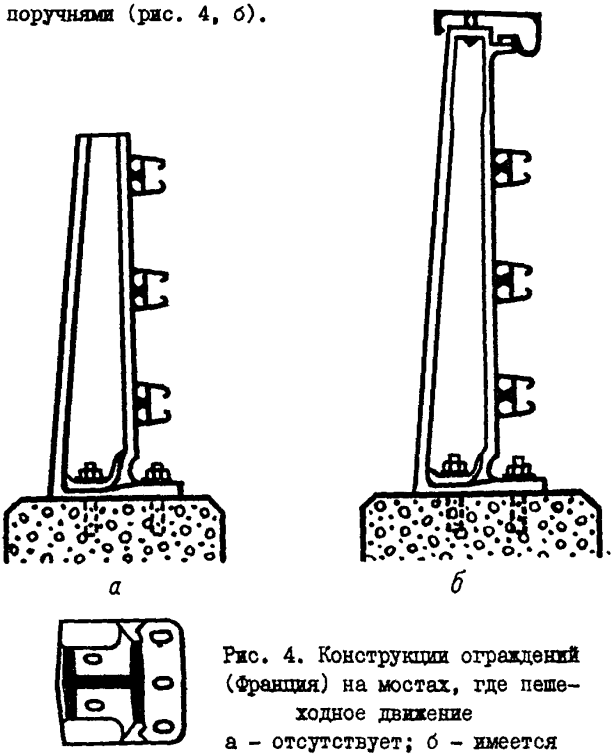


Рис. 4. Конструкции ограждений (Франция) на мостах, где пешеходное движение
а – отсутствует; б – имеется

Национальным объединением исследовательских программ по дорогам США созданы ограждения, которые предотвращают "прорыв" стандартного автомобиля массой 1800–2200 кг; выравнивают траекторию движения наехавшего на ограждение транспортного средства; контролируют динамический прогиб; обеспечивают предельные отрицательные ускорения в центре массы автомобиля (5g - поперечное, 10g - продольное и общее 12g, усредненное за любые 200 мкс); минимально повреждают автомобиль; легко восстановимы.

В качестве основного конструктивного элемента данного ограждения выступает специальный амортизатор (рис. 5). По мере увеличения упругой деформации его сопротивление возрастает, а затем удерживается на относительно постоянном уровне из-за пластической деформации. При значительной силе удара дополни-

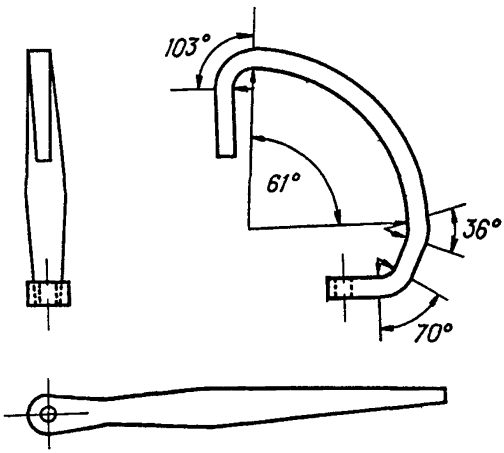


Рис. 5. Специальный амортизатор, предотвращающий опрокидывание и "прорыв" автомобиля

тельное сопротивление возникает за счет соприкосновения транспортного средства с задней слегка приподнятой поверхностью плиты. В процессе деформации амортизатор вращается, растет высота конструкции, устраняется возможность опрокидывания.

Руководство по обеспечению безопасности движения на дорогах (США) предусматривает использование на автомобильных дорогах пяти общих типов металлических полужестких ограждений, пяти типов ограждений для размещения на разделительной полосе и четырех - для установки на мостах и путепроводах.

В настоящее время в СССР, Англии, Италии, Франции, США и других странах осуществляется большая программа исследований в целях совершенствования конструкций полужестких ограждающих устройств путем различных комбинаций вертикальных и горизонтальных элементов и способов их крепления, применения специальных пружин, пуассонов, промежуточных легко деформируемых элементов (рис. 6).

Испытания подтвердили целесообразность применения следующих конструкций:

ограждение с балкой коробчатого сечения (трубы прямоугольного сечения 20х15х0,63 см прикреплены к стальным стойкам из двух двутавровых профилей 7,6х6,0 см, установленным через 1,9 м. Верхняя грань балки расположена на высоте 68,5 см);

ограждение для разделительной полосы. Высота 68,5 см, стальные балки прикреплены к деревянным стойкам через вставки длиной 23 см, жесткость планок увеличена при помощи диафрагм. Стойки установлены через 3,2 м. Данная конструкция эффективна при наездах под углом 20° со скоростью 80 км/ч;

ограждение из стальных балок, прикрепленных к стойкам непосредственно или через консольные конструкции;

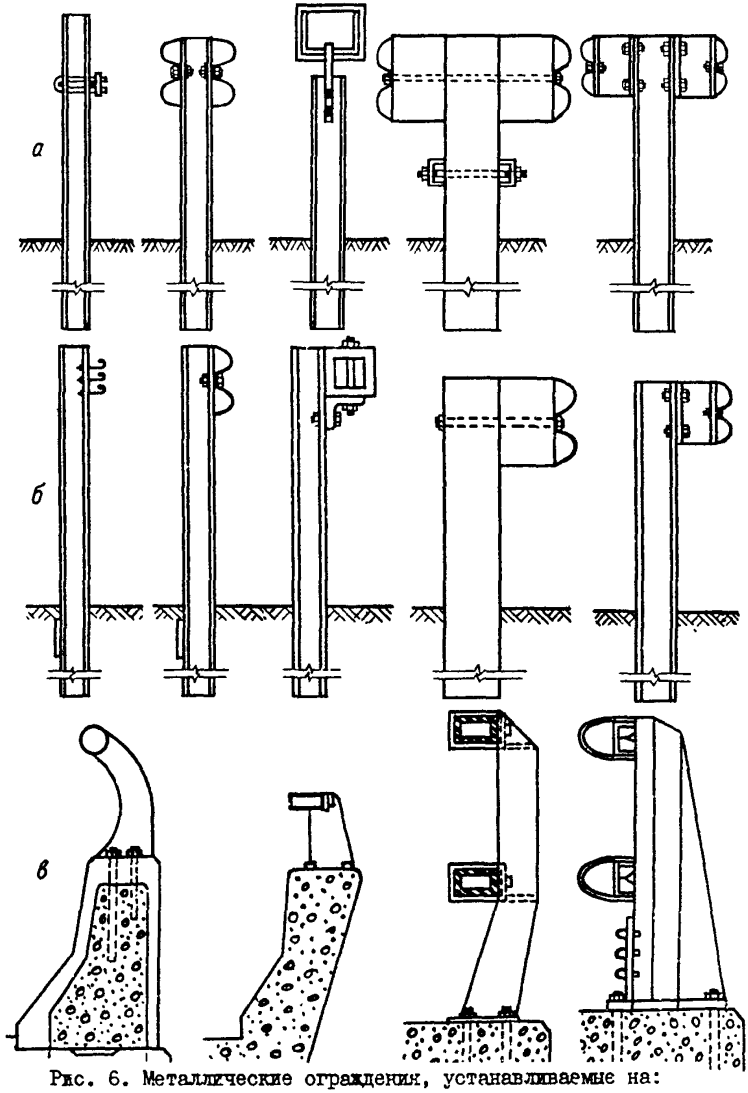


Рис. 6. Металлические ограждения, устанавливаемые на:
а – разделительных полосах; б – обочинах дорог; в – мостах и путепроводах

тросовые конструкции из трех нитей диаметром I9 мм, расположенных на высоте 68,5 см с промежутком между ними 7,6 см, расстоянием между стойками 4,9 м. Трос натянут с усилием I3230 Н.

I.2.4. Останавливающие ограждения

Для поглощения энергии удара о массивные и жесткие препятствия на автомобильных дорогах созданы специальные типы ограждений. К ним относятся телескопические, инерционные и захватывающие системы.

Наибольшего внимания заслуживает установка энергопоглощающих ограждений на развилках дорог, перед опорами мостов и в местах, где возможен фронтальный наезд автомобиля на них. Они способствуют ослаблению удара (водитель сохраняет способность управления автомобилем). При этом среднее отрицательное ускорение не должно превышать I0–I2 g. Руководством по обеспечению безопасности движения на дорогах рекомендована телескопическая система, которая позволяет остановить автомобиль, движущийся со скоростью 96 км/ч с отрицательным ускорением до I0 g.

Фирмой " *Energy Absorption Systems* "(США) разработаны три типа энергопоглощающих конструкций:

ограждение из емкостей, заполненных водой ("*Hi – DRO* ");

ограждение из специальных сухих элементов ("*Hi –DRY*");

ограждение из цилиндрических емкостей, наполненных песком (" *Sand Filled Plastic Gubes*").

Ограждение " *Hi – DRO Cell Cluster* " предназначено для защиты сооружений от наезда легковых автомобилей массой 900–2000 кг, двигающихся со скоростью около 70 км/ч. Оно состоит из нейлоновых емкостей, пропитанных винилом, которые соединены ме-

таллическими креплениями. Емкости заполнены водой. Цилиндрическая форма и относительно небольшой диаметр емкостей позволяют создавать из них комплекты, которые легко приспособить к любым дорожным условиям. Это ограждение имеет довольно низкую стоимость и легко восстанавливается.

Ограждение "*Hi – DRY Cell Sandwich*" устанавливается на участках дорог, где разрешена скорость движения от 70 до 110 км/ч. Данное устройство обеспечивает поглощение кинетической энергии путем деформации цилиндрического патрона из легкого бетона. Диаметр патрона – 17,5 см. Бронированный кабель, расположенный по спирали в бетоне, проходит через каждый патрон, который защищен от атмосферных воздействий специальным покрытием, предотвращающим также разброс осколков во время удара. При ударе конструкция в целом не разрушается, а повреждаются лишь отдельные патроны, которые легко заменить новыми. Наиболее целесообразно использовать такую конструкцию на дорогах с большой интенсивностью движения и в условиях холодного климата.

Ограждение "*Sand Filled plastic Jubey*" состоит из пластмассовых цилиндров, наполненных песком, чувствительность которых к массе и скорости наезжающих автомобилей зависит от объема заполнения. Это устройство имеет хорошие характеристики, но не обеспечивает (как "*Hi – DRO*" и "*Hi – DRY*") отклонения траектории движения автомобилей. Стоимость данного барьера ниже стоимости других конструкций, но расходы на содержание и восстановление цилиндров более высоки из-за значительных работ по расчистке выбрасываемого песка.

Ограждение инерционного типа "*Fitch*" создано из крупных пластиковых цилиндров диаметром 0,9 м и высотой 0,9 м, заполненных песком. Данная система задерживает ав-

томобиль, двигающийся со скоростью 80 км/ч на расстоянии 9 м (путь торможения) с силой торможения от 4 до 6 g.

Ограждение ТТУ (Техасский транспортный институт) включает в себя стальные цилиндры емкостью до 200 $м^3$. Они установлены рядами и соединены болтами или при помощи сварки, в днищах цилиндров просверлены отверстия. Энергия удара расходуется на сплющивание цилиндров. При проведении экспериментов автомобили, двигающиеся со скоростью 96 км/ч, задерживались такими ограждениями с отрицательным ускорением 8 g.

Земляные холмики с боковым уклоном I:3 - I:2 обычно насыпаются на разделительной полосе на расстоянии от 30 до I50 м до препятствия в целях защиты путепроводов и других жестких препятствий. Они изменяют траекторию движения автомобилей при сравнительно невысокой скорости движения (до 48 км/ч) и небольших углах наезда.

Фирмой " *Van Zelen Ayyociatey* " предложена конструкция ограждения " *Dragent* ", аналогичная устройствам захвата самолета на авианосцах.

Для защиты технического персонала на участках скоростных дорог и автомагистралей может применяться специальный трайлер-амортизатор, действие которого основано на принципе сохранения количества движения и рассеивания кинетической энергии посредством трения и пластической деформации стальных барабанов. Трайлер-амортизатор является достаточно простым устройством и может устанавливаться:

за направлением примыкания дорог, на временную стоянку, длительность которой определяется существованием опасности;

на полосе движения или обочине для защиты персонала, занимающегося эксплуатационными работами;

при выполнении операций, связанных с организацией движения, например, при нанесении разметки.

I.2.5. Опоры дорожных знаков и наружного освещения

Дорожные знаки не должны создавать дополнительной опасности при наезде на них транспортных средств.

Для установки дорожных знаков служат железобетонные, металлические и деревянные стойки. Железобетонные стойки переменного сечения были впервые применены при оборудовании Московской кольцевой автомобильной дороги. Общая масса таких знаков колеблется от 200 до 326 кг, расход арматуры составляет от 20 до 25 кг.

Металлические стойки изготавливаются из водо- и газопроводных труб. Средний расход металла на одну стойку - до 22 кг.

Все применяемые в отечественной практике типы стоек дорожных знаков имеют жесткое закрепление в фундаменте и после наезда на них транспортного средства не восстанавливаются. В настоящее время в результате проведенных научно-исследовательских и экспериментальных работ разработаны конструкции опор, характеризующиеся минимальным сопротивлением опоры на среду основания. Хорошо зарекомендовали себя стойки из асбоцементных труб, а также металлические стойки, имеющие соединения пластического типа с фундаментом.

В лесных районах страны целесообразно устанавливать дорожные знаки на деревянных опорах с ослаблением сечения путем высверливания параллельных плоскости знака отверстий на высоте 0,15 и 0,45 м над поверхностью дороги.

За рубежом используются различные виды опор, в частности деревянные стойки диаметром 15–18 см с надрезами на глубину 5 см под углом 45° с двух диаметрально противоположных сторон. Передний (по отношению к направлению движения) надрез делается на высоте 0,6 м над поверхностью земли, а задний - на расстоянии 0,3 м от нижнего края знака (рис.7). Стойки вставляют в отверстия бетонного фундамента, что позволяет легко заменять их

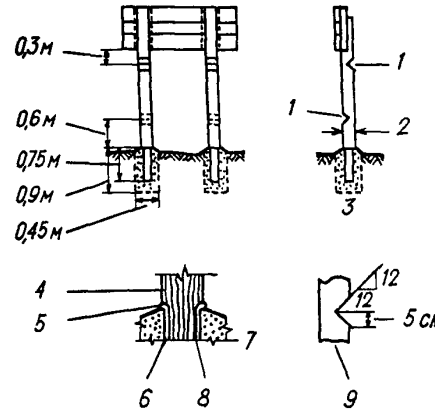


Рис. 7. Конструкция знака с деревянными разрушающимися опорами: I - надрез; 2 - номинальный диаметр 20 см; 3 - вид сбоку; 4 - деревянная стойка; 5 - битумная изоляция; 6 - оцинкованное железо; 7 - мастика; 8 - сечение по опорной части; 9 - деталь надреза

в случае повреждения. В некоторых случаях горизонтальный надрез производится по всему периметру на глубину 5 см на высоте несколько меньшей уровня бампера автомобиля.

Разрушающиеся опоры знаков сконструированы таким образом, что при наезде на них транспортного средства они срезаются в ослабленном сечении в плоскости крепления их к фундаменту и поворачиваются вокруг шарнира в направлении движения автомобиля (рис. 8).Для увеличения жесткости стойки в ослабленном сечении, необходимой для восприятия ветровой нагрузки, передняя часть полки в месте разреза скрепляется при помощи болтов чугунной или стальной накладкой. При ударе чугунная пластина разрывается, и стойка опрокидывается вверх, вращаясь относительно сплошной стенки задней полки. В стальной пластинке два нижних отверстия имеют открытые прорези, обеспечивающие скольжение ее относительно полки балки в момент удара. Для ослабления нижней

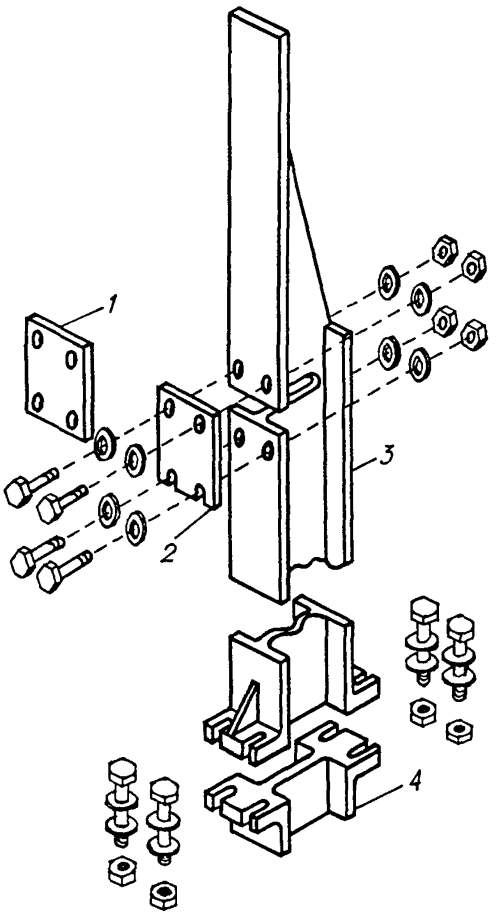


Рис. 8. Детали конструкции опор разрушающихся знаков:
I - чугунная пластина; 2 - стальная пластина; 3 - двутавровая стальная стойка; 4 - фундаментная часть опоры

части стойки ее разрезают в плоскости, перпендикулярной оси, и приваривают к образовавшимся торцам стальные пластины с четырьмя открытыми прорезями. Верхнюю часть стойки крепят к фундаментальной части при помощи болтов, которые стягивают торцевые пластины и обеспечивают необходимую жесткость конструкции. Разрушение опоры при наезде автомобиля происходит в результате среза болтов и скольжения торцевых пластин ослабленного сечения относительно друг друга. Причем в момент удара срезанная в нижней части стойка вращается вокруг верхнего шарнира и поднимается вверх. Транспортные средства высотой менее 2,I м при скорости движения 48 км/ч и более проходят под знаком, который некоторое время сохраняет свое положение, поддерживаемый второй стойкой. Срез опоры гарантируется только при угле наезда до I5°

В больших опорах (применяемых для установки указателей направлений движения) ослабленное сечение в основном располагают перпендикулярно вертикальной оси стойки. Для небольших знаков это сечение целесообразно делать под углом I0° к горизонту. Устройство наклонного соединения ослабленного шва изменяет траекторию движения знака, замедляя его падение на время, достаточное для безопасного прохождения автомобиля.

Для малогабаритных знаков со стойками из труб плоскость среза может иметь наклон 20°, при этом шарнир в верхней части стойки необязателен.

Безопасность наездов на крупногабаритные дорожные знаки и мачты освещения обеспечивается устройством специального соединения стойки или мачты с основанием. Это соединение выдерживает эксплуатационную нагрузку (главным образом ветровую) и при ударе отделяет стойки или мачту от основания. Стойка или мачта должны быть выполнены по возможности из легких материалов. Анализ результатов натурных испытаний десяти различных конструкций

соединений мачт освещения с основанием, проводившихся в США, показал, что лучшим является скользящее. Оно в отличие от других соединений обеспечивает безопасность как при большой (65 км/ч), так и малой (25 км/ч) скоростях.

Крупногабаритные дорожные знаки обычно устанавливаются на двух или трех стойках. Для беспрепятственного прохода автомобиля под знаком при наезде на одну из стоек необходимо на верхних концах опор устраивать пластические шарниры. Расстояние от поверхности дороги до нижнего края знака должно быть не менее 2,5 м. Плоскость разъема соединения скользящего типа не должна возвышаться над поверхностью дороги более чем на 60 мм. В соответствии с ГОСТ 1902-74 "Буфера легковых автомобилей" высоту приложения силы удара при наезде легкового автомобиля на стойки и мачты следует принимать равной 450 мм.

Опоры наружного освещения, расположенные вдоль автомобильных дорог, так же как и другие элементы дорожной обстановки, оказывают большое влияние на безопасность движения, поскольку плотность их размещения чрезвычайно велика. Эти опоры изготовляются из материалов повышенной твердости, прочно соединены с основанием и имеют большую массу.

В целях предупреждения наезда автомобилей на опоры наружного освещения они устанавливаются за пределами обочин. Однако это не всегда возможно. Поэтому для снижения тяжести последствий дорожно-транспортных происшествий, связанных с наездом на мачты наружного освещения, в их конструкции используются(аналогично опорам дорожных знаков) специальные скользящие основания.

В 1950 г. Дорожная исследовательская лаборатория Великобритании приступила к созданию менее опасных опор. В результате проведенных работ установлено, что для ослабления силы уда-

ра необходимо у основания столба иметь такой узел крепления, который хорошо противостоит статическим и ветровым нагрузкам, но при наезде автомобиля сразу разрушается.

В 1960 г. исследования в этом направлении начаты в США. Были спроектированы разрушающиеся от удара алюминиевые вставки и основания. В частности, фирмой "*Kaiser Aluminum Company*" разработано полое алюминиевое основание, которое вставляется и крепится на нижнем конце опоры. Фирмой "*Millerbernd Manufacturing Company*" предложена конструкция тонкого стального срезаемого основания. В опорах осветительных установок широко применяются соединения скользящего типа, алюминиевые трансформирующиеся основания, алюминиевые вставки, срезаемые болтовые соединения, основания с равномерным сдвигом и алюминиевыми фланцами.

Безопасные конструкции опор устанавливаются на разделительной полосе. Это повышает качество освещения и дает экономические выгоды.

Союздорнии разработана конструкция соединения скользящего типа (рис. 9), предназначенная для стоек крупногабаритных дорожных знаков и мачт освещения. Предусматривается четыре типоразмера, отличающиеся расчетными величинами допускаемых изгибающих моментов и некоторыми унифицированными основными деталями (табл. 4).

Чтобы при ударе автомобиля верхний фланец скользил по нижнему, вместо отверстий для болтов в них сделаны треугольные (с углом 120^{0}) вырезы, обеспечивающие беспрепятственное перемещение болтов относительно фланцев от центра при любом направлении удара автомобиля. Прокладка из оцинкованной жести предназначена для удержания болтов на местах при сборке соединения и должна разрушаться при скольжении в плоскости фланцев. Для уменьшения сопротивления прокладки перемещению болтов при

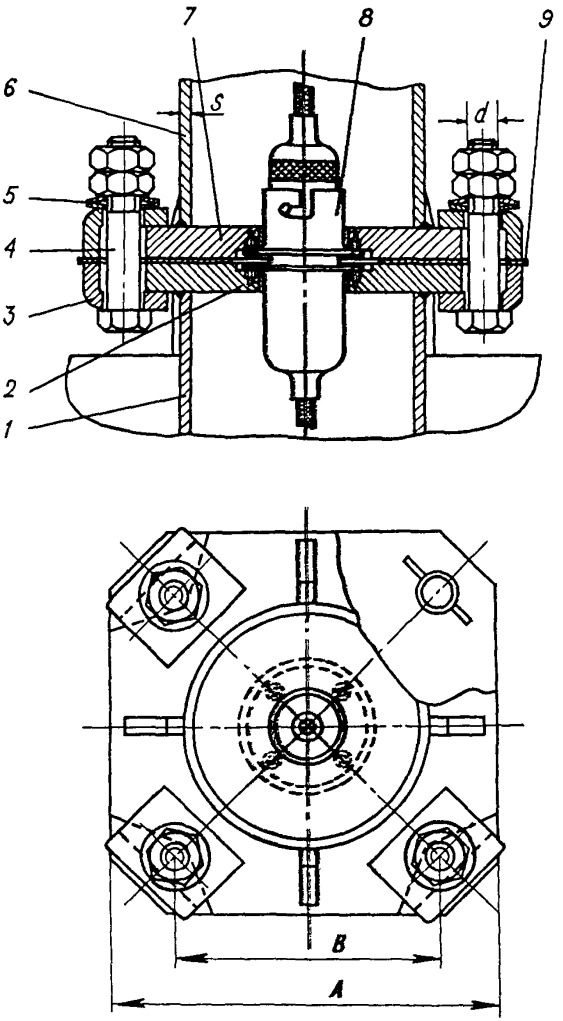


Рис. 9. Конструкция скользящего соединения:

1 – труба основания; 2 – нижний фланец; 3 – распорные полускобы; 4 – болты; 5 – тарельчатые пружины; 6 – стойка или мачта; 7 – верхний фланец; 8 – скользящий электрический разъем; 9 – антифрикционная прокладка

Таблица 4

Технические данные безопасных стоек дорожных знаков и мачт освещения с соединениями скользящего типа

Типоразмер	Наименование	Труба стальная стойки или мачты				Размеры соединения, мм				
		Размеры, мм		Расчетные моменты, Н · см						
		Д наружный	толщина стенки	при эксплуатационных нагрузках 19600, Н/см²	при ударе 49000 Н/см²	A	B	d	S_1	S_2
СС-I	Стойки дорожных знаков I.I-I.25, 2.I-2.25, 3.I-3.8, 4.I-4.I3, 4.I8-4.26	70	5	3I0660	705600	I60	I00	M20xI,5	I0	I2
СС-2	Стойки крупногабаритных дорожных знаков 4.I4, 4.I6, 4.I7 по ГОСТ I0807-7I	89	6	607600	I5I9000	200	I20	M20xI,5	I0	I2
СС-3	Мачты освещения высотой 9 м	I27	5	9I6300	2293200	220	I40	M20xI,5	20	I4
СС-4	Мачты освещения высотой I2 м	I52	5	I646400	4II6000	240	I60	M20xI,5	20	I4

Примечание. Стойки из труб ∅ 70х5 из-за возможной недостаточной их прочности на изгиб необходимо проверить на работоспособность скользящего соединения СС-I при наезде автомобиля на больших и малых скоростях и сравнить полученные результаты с данными испытаний хрупких стоек из асбоцементных труб с наружным диаметром I30 мм и толщиной стенок I3 мм ГОСТ 539-7I, класс В7-6.

срабатывании соединения ее дополняют разрезами и пазами, способствующими разрушению. В плоскости соприкосновения прокладки с фланцами и полускобами целесообразно применять тонкие (0,1–0,2 мм) полиэтиленовые прокладки, смазанные графитом. Для разгрузки от изгибающих моментов на них должны быть надеты распорные полускобы, соприкасающиеся друг с другом через антифрикционную прокладку своими выступами.

Болтовые соединения скользящих фланцев должны обеспечивать расчетную силу затяжки около 1960 Н на каждый болт. При этом применяют болты с мелкой резьбой М 20 х 15. Под гайки каждого из них устанавливаются 2 тарельчатые пружины ϕ 40х20S $S=2$, $f=$ 1 мм по ГОСТ 3057-54, расположенные вогнутыми сторонами друг к другу. Гайки болтов следует затянуть до полного сжатия тарельчатых пружин, а затем отпустить на 1 1/3 оборота (до полной разгрузки пружин). После этого затянуть болты поворотом гаек на 1/3 оборота. При этом усилие затяжки болтов будет около 1960 Н.

2. АНАЛИЗ ДОРОЖНО-ТРАНСПОРТНЫХ ПРОИСШЕСТВИЙ, СВЯЗАННЫХ С ПАССИВНОЙ БЕЗОПАСНОСТЬЮ ДОРОГИ

2.I. СЪЕЗД ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ С ДОРОГИ

Пассивная безопасность автомобильной дороги оценивается прежде всего тяжестью последствий двух основных видов ДТП: опрокидываний транспортных средств при съезде с дороги и наездов на препятствия, находящиеся в непосредственной близости к ней. Однако многие мероприятия по повышению пассивной безопасности довольно сложно осуществить. Например, устройство пологих откосов насыпей увеличивает объемы земляных работ и площадей, изымаемых из сельскохозяйственного производства. Применение ударобезопасных конструкций дорожных ограждений, опор освещения крупногабаритных знаков связано со значительными капитальными и эксплуатационными затратами. Поэтому мероприятия по обеспечению пассивной безопасности автомобильной дороги должны быть экономически обоснованы. Для выполнения экономических расчетов необходимы данные не только о тяжести последствий ДТП, но и об их частоте на различных элементах дороги (в зависимости от интенсивности движения).

Анализ статистических данных о дорожно-транспортных происшествиях и условиях их возникновения показал, что опрокидывания автомобилей по месяцам распределяются неравномерно (рис. I0). Наименьшее их количество регистрируется в зимнее время года, что обусловлено понижением интенсивности и скорости движения, а также снегонакоплением на откосах насыпей и грунтовых резервов, задерживающих транспортные средства.

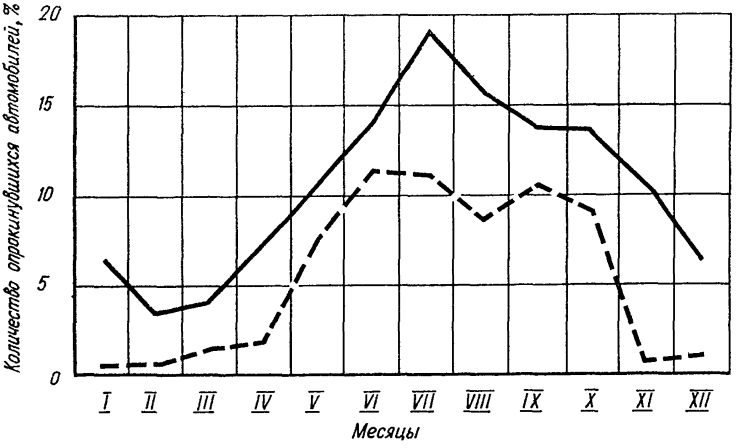


Рис. 10. Опрокидывание транспортных средств:
—в течение года; – – –на сухой проезжей части

Наибольшее количество съездов транспортных средств фиксируется в летний период. Эти происшествия вызваны в основном превышением скорости движения, нарушением правил обгона и выездом на левую полосу дороги.

Большое влияние на количество ДТП оказывают геометрические элементы дорог. Как правило, съезды транспортных средств с дороги регистрируются на участках (горизонтальных прямых и спусках), где водители могут развивать высокую скорость движения, а также в местах с резким ухудшением дорожных условий (закругление дороги в плане после длинных прямых участков и спусков, сужение, скользкая или неровная проезжая часть и т.п.). Известно, что около трех четвертей происшествий, связанных со съездом транспортных средств с дороги, возникают на горизонтальных прямых (табл. 5), которые составляют значительную часть

Таблица 5

Количество съездов транспортных средств на различных элементах дороги, %

Тип транспортных средств	Геометрические элементы дороги					
	Горизонт. участок	Кривая на горизонт. участке	Спуск на прямой	Подъем на прямой	Спуск на кривой в плане	Подъем на кривой в плане
Легковые	76,5	9,4	6,9	4,7	I,8	0,7
Грузовые	77,4	5,9	II,3	3,4	I,5	0,5

общей протяженности дорожной сети. Поскольку другие геометрические элементы имеют меньшую протяженность, на них регистрируется меньше происшествий (процент от общего количества), но на единицу их длины приходится больше аварий, чем на горизонтальных участках. Характерно, что на подъемах легковые автомобили съезжают с дороги в I,5 раза реже, чем на спусках, а

грузовые автомобили - в 3 раза реже. Аналогичная закономерность наблюдается на закруглениях в плане, расположенных на подъемах и спусках.

Количество съездов транспортных средств с дороги и тяжесть последствий ДТП в определенной степени связаны со скоростью движения и геометрическими размерами откосов насыпей: чем больше высота насыпи* и скорость движения автомобиля, тем более серьезные травмы получают водители и пассажиры (рис. II). Тяжесть последствий происшествий с выездом транспортных средств за пределы проезжей части и обочин в I,75 раз выше, а количество погибших водителей и пассажиров в 2,3 раза больше, чем при опрокидываниях.

Для установления основных зависимостей, связывающих количество съездов транспортных средств с интенсивностью движения, высотой и крутизной насыпей, канд. техн. наук В.П. Залугой обработаны данные о 3 тыс. опрокидываний транспортных средств, зарегистрированных в течение 1971-1976 гг. на дорогах Московского узла, в Молдавской ССР, на магистралях Москва-Харьков-Ростов-Баку и Москва-Воронеж-Шахты, а также на ряде дорог Латвийской ССР за 1960-1967 гг. Особо выделены происшествия, возникшие в результате съездов транспортных средств с дороги, отдельно рассматривались ДТП, связанные с наездами транспортных средств на ограждения из стальных профильных планок.

---

* Полная длина откоса зависит от высоты насыпи, глубины водоотводной канавы или бокового грунтового резерва и поэтому следует оценивать не только высоту насыпи (возвышение бровки земляного полотна над поверхностью земли под насыпью), но и возвышение бровки земляного полотна над внешним краем откоса, дном боковой канавы или резерва. Эта величина условно может быть названа "высота откоса насыпи".

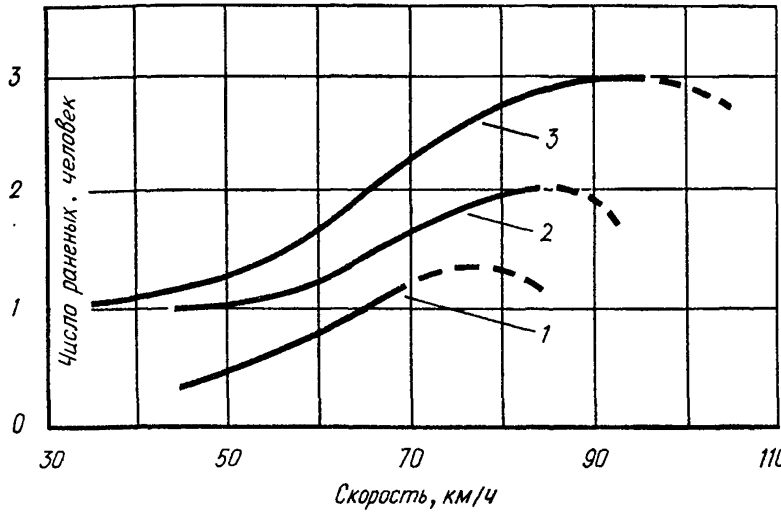


Рис. II. Число раненых при одном опрокидывании в зависимости от высоты насыпи и скорости:
I – при высоте насыпи 0–1м; 2 – при высоте насыпи 1–2м; 3 – при высоте насыпи 2–3м

При обработке результатов наблюдений были введены четыре типа участков, на которых проанализированы различные высоты откосов насыпи: прямолинейные участки с продольным уклоном до и более 40‰ и закругления дорог в плане радиусами от 250 до 600 м, расположенные на участках с продольным уклоном до и более 40‰ .

Уравнения, описывающие зависимость количества съездов транспортных средств от интенсивности движения, крутизны и высоты откосов насыпей, имеют вид:

$$n = \frac{N}{a + b \cdot N},$$

где n – количество съездов с дороги на I км в год;

N – среднесуточная интенсивность движения, авт/сут.;

a, b – постоянные, зависящие от крутизны и высоты откоса насыпи на разных элементах дорог (табл. 6).

Таблица 6

Значения расчетных параметров

Участки дорог	Крутизна откоса насыпи	Высота откоса насыпи, м	Постоянные	
			a	b
Прямолинейные с продольным уклоном до 40‰	I:3	0,5–I,5	44000	3,72
		I,5–2,5	26200	4,80
		2,5–3,5	2I300	3,75
	I:I,5	0,5–I,5	I2350	2,00
		I,5–2,5	I2200	I,46
		2,5–3,5	8400	0,68
		3,5–6,0	6000	0,36
Закругления в плане радиусом 250–600 м на участке с продольным уклоном до 40‰ или после него	I:I,5	0,5–I,5	6200	0,54
		I,5–3,0	4500	0,55
		3,0–5,0	3500	0,50
Прямолинейные с продольным уклоном более 40‰	I:I,5	0,5–I,5	I0700	I,44
		I,5–2,5	9900	I,23
		2,5–3,5	7700	0,58
Закругления в плане радиусом 250–600 м на участке с продольным уклоном более 40‰ или после него	I:I,5	0,5–I,5	3600	0,87
		I,5–3,0	3000	0,62

Для расчета частоты наездов на ограждение следует использовать постоянные a = 14000 и b = 1,2.

Тяжесть последствий происшествий, оцениваемая относительным числом раненых, погибших и материальным ущербом на одно отчетное происшествие, в значительной степени зависит от высоты насыпи. Поэтому для повышения точности оценки последствий ДТП были сгруппированы по пределам высот насыпей и рассчитаны средние показатели тяжести для каждого предела независимо от интенсивности движения (табл. 7).

Таблица 7

Тяжесть последствий съездов с дороги

Участки дорог	Высота откоса насыпи, м	Относительное число пострадавших на одно число ДТП при крутизне откоса насыпи 1:1,5	
		погибших	раненых
Прямолинейные с продольным уклоном до 40‰	0,5–1,5	0,089	1,23
	1,5–2,5	0,20	0,91
	2,5–3,5	0,32	0,56
	3,5–6,0	0,41	0,42
Закругления в плане радиусом 250–600 м на участке с продольным уклоном до 40‰ или после него	0,5–1,5	0,53	1,2
	1,5–3,0	0,12	0,81
	3,0–5,0	0,2	0,71
Прямолинейные с продольным уклоном более 40‰	0,5–1,5	0,078	1,11
	1,5–2,5	0,16	0,94
	2,5–3,5	0,34	0,61
Закругления в плане радиусом 250–600 м на участке с продольным уклоном более 40‰ или после него	0,5–1,5	0,064	1,17
	1,5–3,0	0,18	0,62
	3,0–5,0	0,31	0,62

Эти показатели должны учитываться при обосновании крутизны откосов насыпей и установки дорожных ограждений.

2.2. НАЕЗД ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ НА ЭЛЕМЕНТЫ ДОРОЖНОЙ ОБСТАНОВКИ

Анализ дорожно-транспортных происшествий свидетельствует о том, что основная часть наездов на препятствия приходится на опоры наружного освещения и связи (табл. 8).

Таблица 8

Наезды на препятствия различного вида

Виды препятствий	Наезды на препятствия, %
Опоры освещения и связи	54,3
Деревья	I9,4
Дорожные ограждения	I0,5
Автобусные павильоны	8,I
Перила мостов	2,4
Прочие	5,3

Распределение наездов на препятствия в течение года довольно неравномерно. Наибольшее их количество возникает в такие сезоны, когда покрытие проезжей части и обочин находится в неудовлетворительном состоянии (рис. I2). Так, например, установлено, что при повышенной скользкости покрытий (когда существует опасность опрокидывания за пределы земляного полотна дороги) многие водители предпочитают во избежание более тяжелых последствий останавливать автомобиль на обочине путем наезда на любое прочное препятствие. Поэтому зимой и осенью в основном фиксируются наезды на опоры освещения, расположенные на разделительной полосе или обочинах дороги. Летом объектом соударения в большинстве случаев становятся деревья, растущие в полосе отвода.

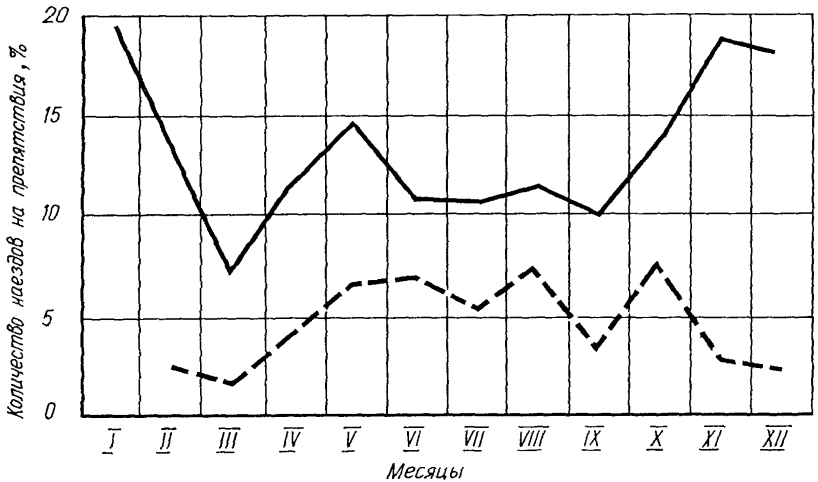


Рис. 12. Наезды на препятствия:
——— в течение года; — — — на сухой проезжей части

При наезде на массивные неэнергоемкие элементы дорожной обстановки, такие, как опоры наружного освещения, деревья, автобусные павильоны (табл. 9) водители и пассажиры получают особенно тяжелые травмы.

Таблица 9

Тяжесть последствий наездов на препятствия
(количество травм в расчете на 100 ДТП)

Виды препятствий	Травмы				Порядковый номер по степени опасности
	легкие	менее тяжелые	тяжелые	смертельные	
Автобусные павильоны (здания)	31	44	25	31	1
Парапеты	80	40	20	20	2
Деревья	44	45	30	15,5	3
Бетонный бордюр	50	25	33	8	4
Опоры мачт освещения и связи	23,5	24	31	2	5
Ограждения из стали	10	20	10	-	6

В частности, при наезде легковых автомобилей на массивные опоры наружного освещения количество смертельных случаев в четыре раза больше, чем при наезде на ограждения. В результате наездов на ограждения грузовых автомобилей водители получают, как правило, легкие травмы, что доказывает эффективность применения ограждающих устройств в качестве основного элемента дорожной обстановки (табл. 10).

Таблица 10

Тяжесть последствий наездов на препятствия для различных типов транспортных средств,%

Виды препятствий	Легковые автомобили				Грузовые автомобили			
	Травмы							
	легкие	менее тяжелые	тяжелые	смертельные	легкие	менее тяжелые	тяжелые	смертельные
Опоры освещения	I,2	8,4	I4,4	4,8	-	3,6	3,6	-
Деревья	4,8	2,4	9,6	2,4	-	I,2	4,8	-
Ограждения	I,2	2,4	2,4	I,2	I,2	-	-	-
Автобусные павильоны	I,2	6,0	4,8	-	-	6,0	2,4	I,2
Перила мостов	-	-	-	-	-	2,4	-	-
Прочие	I,2	I,2	I,2	-	-	2,4	I,2	-

Статистика дорожно-транспортных происшествий подтверждает, что наезды на различные препятствия происходят тем чаще, чем ближе они расположены к проезжей части и чем больше их масса. Зарубежные исследователи установили, что вероятность наезда на препятствие, расположенное на расстоянии 9 м от края проезжей части, составляет лишь около 5%. Аналогичные данные получены специалистами Всесоюзного научно-исследовательского института безопасности дорожного движения МВД СССР (рис. I3).

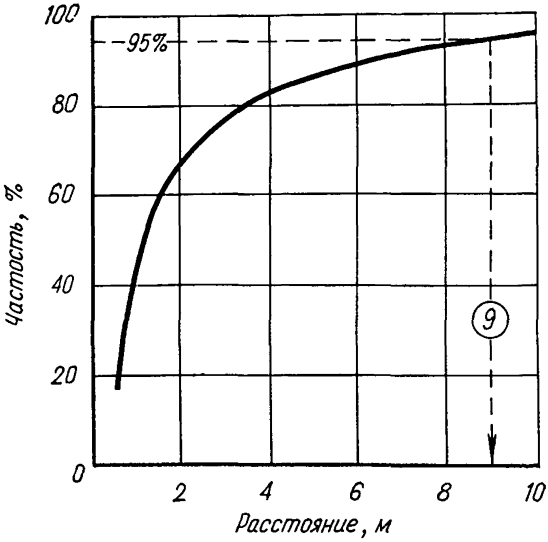


Рис. I3. Распределение количества автомобилей, съезжающих с откосов насыпей

3. МЕТОДЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПАССИВНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ

3.I. ИЗМЕНЕНИЕ ГЕОМЕТРИИ ОТКОСОВ НАСЫПЕЙ

Одним из наиболее эффективных способов повышения пассивной безопасности автомобильных дорог является уполаживание откосов насыпей (чем положе откос насыпи, тем меньше вероятность возникновения происшествий с тяжелыми последствиями). На многих дорогах, построенных по старым техническим нормам, крутизна откосов насыпей колеблется от I:I до I:I,5 и редко уменьшается

до I:3. При съездах по ним транспортные средства переворачиваются, что приводит к увеличению тяжести последствий дорожно-транспортных происшествий. На крутых откосах (I:I и I:I,5)при высоте насыпи более 4 м большинство водителей и пассажиров,вовлеченных в ДТП, получают смертельные травмы (рис. I4).

На некоторых участках дорог для осушения земляного полотна и улучшения водоотвода устраивают боковые водоотводные канавы глубиной до 2 м. Как правило, такие канавы имеют откосы I:I или I:I,5. При съездах транспортных средств происходит фронтальный или боковой удар во внешний откос канавы, приводящий к резкому замедлению скорости движения и возрастанию инерционных нагрузок. Для уменьшения силы удара автомобиля рекомендуется устраивать пологие откосы земляного полотна и канавы, чтобы удлинить путь движения автомобиля по насыпи и предоставить водителю возможность плавно изменить направление движения.

Натурные испытания и моделирование съездов автомобилей с откосов, выполненные в США, показали, что при скорости движения свыше 64 км/ч водитель не может возвратить транспортное средство на обочину, если крутизна откоса более I:7 (при угле въезда на откос более 7^{o} и коэффициенте сцепления 0,2). При откосах I:3 - I:5, угле съезда 7^{o} и скорости движения 64 км/ч автомобиль скатывается вниз по откосу. Но при коэффициенте сцепления 0,6 возможность возврата автомобиля на обочину возрастает, начиная с откосов I:3 и более пологих. Крутизна откоса насыпи обусловливает величину ускорения автомобиля. Сочетание откоса насыпи и наружного откоса канавы I:3 - I:4 более опасно, чем I:4 - I:3.

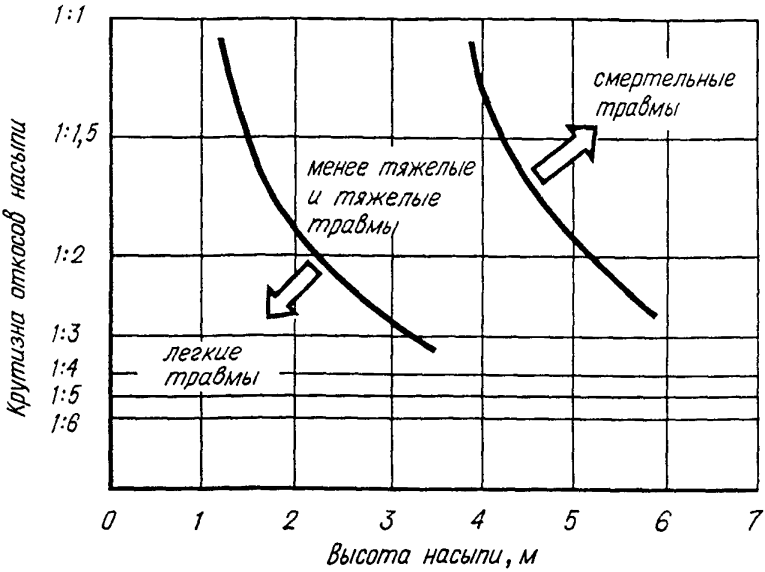


Рис. I4. Зависимость возможного травмирования участников ДТП от высоты насыпи и крутизны откосов

Степень опасности проезда боковых канав зависит от их поперечного сечения, в частности от ширины. Чем меньше ширина канавы, тем более пологие откосы требуется устраивать (табл. II).

Переезд автомобилем канавы треугольного профиля сопровождается меньшими инерционными перегрузками по сравнению с переездом канав, имеющих круглый, либо трапецеидальный профиль (при ширине не более 2,5 м) или трапецеидальный профиль со скругленными углами (при ширине от I,2 до 2,5 м), поскольку канавы круглого профиля имеют наименьшую ширину и наиболее крутые стенки.

Таблица II

Рекомендуемое сочетание откосов
насыпей и водоотводных канав

Форма поперечного профиля и ширина боковой канавы	Максимальная крутизна внешнего откоса боковой канавы при крутизне откоса насыпи							
	Ремни применяются				Ремни не применяются			
	I:4	I:6	I:8	I:I0	I:4	I:6	I:8	I:I0
Треугольный Круглый, ширина не менее 2,5 м	I:4	I:3	I:2,5	I:2,5	I:6	I:4	I:3,5	I:3
Трапецеидальный, ширина менее I,2 м								
Круглый, ширина более 2,5 м	I:3	I:2,5	I:2	I:2	I:3,5	I:3	I:2,5	I:2,5
Трапецеидальный, ширина более I,2 м								

Наиболее безопасны при переездах на высокой скорости канавы трапецеидального профиля (особенно с пологими откосами). Скругление углов способствует еще большей безопасности.

Данные табл. II получены применительно к съезду легкового автомобиля со скоростью 96 км/ч под углом 25°. Однако, как свидетельствует анализ дорожно-транспортных происшествий в СССР, при таких высоких скоростях углы съездов автомобилей с откоса составляют приблизительно I0°. Натурные испытания показали, что при крутизне откоса насыпи I:3 легко-

вой автомобиль может двигаться по откосу со скоростью до 130 км/ч без опрокидывания при угле съезда менее 15°. Именно поэтому рекомендуется тщательно планировать откосы, закруглять край земляного полотна у бровки дороги, чтобы избежать зависания правого колеса автомобиля; вовремя исправлять обнаруженные неровности и очищать откосы от посторонних предметов, а также обеспечивать коэффициент сцепления колес с поверхностью выровненного откоса не менее 0,6, а крутизну откоса насыпи - не более 3:1.

В СНиП II-Д.5-72 изложены требования к устройству откосов на дорогах I-III категорий крутизной 1:4 при сравнительно невысокой стоимости земляных работ. Однако в каждом конкретном случае выбор крутизны откоса должен осуществляться с учетом ущерба от дорожно-транспортных происшествий за срок службы дороги при соответствующем темпе прироста интенсивности движения, ценности земельных угодий, отводимых в постоянное и временное пользование, стоимости земляных работ. В экономических расчетах необходимо учитывать затраты на снятие растительного слоя, укрепление откосов насыпи, рекультивацию земли, отводимой во временное пользование. Такие расчеты выполнены МАДИ для дорог II-III технических категорий.

В зависимости от района СССР и вида угодий затраты на возмещение ущерба землепользователям изменяются от 2000 до 10000 руб /га угодий. Сумма ущерба от дорожно-транспортных происшествий, накопленная за срок службы дороги, зависит от перспективной интенсивности движения на 20-летний период и коэффициентов ежегодного прироста интенсивности. Известно, что фактическая интенсивность часто превышает проектную. Поэтому при обосновании крутизны откосов насыпей следует ориентироваться на верхние пределы перспективной интенсивности: 7 тыс. авт/сут.

для П категории, 3 тыс. авт/сут для Ш категории. Коэффициент ежегодного прироста интенсивности движения зависит от промышленного и сельскохозяйственного потенциала района, плотности дорожной сети с твердым покрытием и назначения дороги. В ряде освоенных в хозяйственном отношении районов при развитой дорожной сети интенсивность движения уже в первые годы эксплуатации дороги может достигать 30-40% планируемой на 20-летний период, а в дальнейшем медленно расти с коэффициентом ежегодного прироста I,03-I,04, или же интенсивность движения в первые годы эксплуатации дороги может составлять незначительную величину (I5-20% перспективной интенсивности), в последующие годы прирост интенсивности будет обусловливаться быстрым промышленным и сельскохозяйственным развитием района (коэффициент ежегодного прироста интенсивности I,I0).

В малоосвоенных перспективных районах с развитой дорожной сетью интенсивность движения в первые годы эксплуатации дороги составляет 5-7% расчетной, но в дальнейшем растет более быстрыми темпами по мере хозяйственного освоения района (коэффициент ежегодного прироста интенсивности I,I5). Эти коэффициенты можно использовать при обосновании крутизны откосов насыпей для различных районов СССР.

Материальный ущерб народному хозяйству от дорожно-транспортных происшествий подсчитан для прямолинейных участков дорог с продольным уклоном до 40‰ (табл. I2). За первый год расчетного перспективного периода принят 1980-й.

Затраты на устройство земляного полотна обусловливаются дальностью перевозки грунта и способом выполнения земляных работ. Рассмотрим три характерных вида устройства насыпей:

насыпь высотой до I,5 м возводят из одностороннего грунтового резерва бульдозером;

насыпь высотой до 5 м возводят из привозного грунта;
насыпь шириной I2 м расширяют при реконструкции до I5 м.

Таблица I2

Ущерб от дорожно-транспортных происшествий
при съездах транспортных средств
с откосов насыпей

Крутизна откоса насыпи	Высота откоса насыпи, м	Ущерб народному хозяйству от одного ДТП по годам, руб.				
		I980	I985	I990	I995	2000
I:I,5	0,5 - I,5	2520	2880	3230	3590	3940
	I,5 - 2,5	5300	6030	6770	7500	8240
	2,5 - 3,5	8600	9500	I0400	II300	I2200
	3,5 - 6,0	I0060	II440	I28I0	I4I90	I5560
I:3	0,5 - I,5	I540	I750	I960	2I70	2380
	I,5 - 2,5	3650	4I40	4650	5I40	5640
	2,5 - 3,5	6620	7300	7970	8650	9320
I:4	0,5 - I,5	I70	I90	2I0	230	250
	I,5 - 2,5	250	280	320	350	390

Для каждого из этих случаев подсчитаны площади, отводимые во временное и постоянное пользование, определены объемы земляных работ, затраты на рекультивацию земли в резерве и укрепительные работы. Затраты на разработку, транспортировку, разравнивание и уплотнение грунта учтены отдельно (они отнесены к I $м^3$ грунта). В расчетах использованы три значения затрат: 0,5; I,0 и I,5 руб/$м^3$, отдельно учтены затраты на установку дорожных ограждений и их содержание.

Ущерб землепользователям учитывается двумя способами: фактическая сумма выплачивается землепользователям в соответствии с действующими нормативами (капитальные затраты), и приведенный ущерб от изъятия земель из сельскохозяйственного производства – по методике, предложенной проф. Славуцким А.К., для различных значений расчетной валовой продукции (ВП) при коэффициенте эффективности основных фондов сельскохозяйственного производства 0,08. Конечные результаты этих расчетов удобно представлять в виде зависимости от годовой ценности земельных угодий. При пользовании графиками рекомендуемой крутизны откоса (рис. I5–I8) можно учитывать не фактические суммы затрат, выплачиваемых землепользователям S, а годовую ценность земельных угодий C. Зависимость, связывающая эти показатели, имеет вид

$$S = 0{,}068C.$$

При возведении земляного полотна из бокового резерва затраты на разработку, перемещение и уплотнение грунта составляют до 0,5 руб/м^3.

Значительная часть общих затрат приходится на временный отвод земли, снятие растительного слоя, рекультивацию и укрепительные работы. С увеличением суммы затрат на возмещение ущерба землепользователям уменьшается область возможного использования пологих откосов. Расчеты показали, что из-за незначительного ущерба от дорожно-транспортных происшествий при съездах автомобилей с насыпей высотой до I м и крутизной откосов I:I,5 необходимость строительства более пологих откосов может быть оправдана лишь улучшением снегопереноса через дорогу.

Применение насыпей с откосами различной крутизны зависит от расчетных значений интенсивности движения. Использование по-

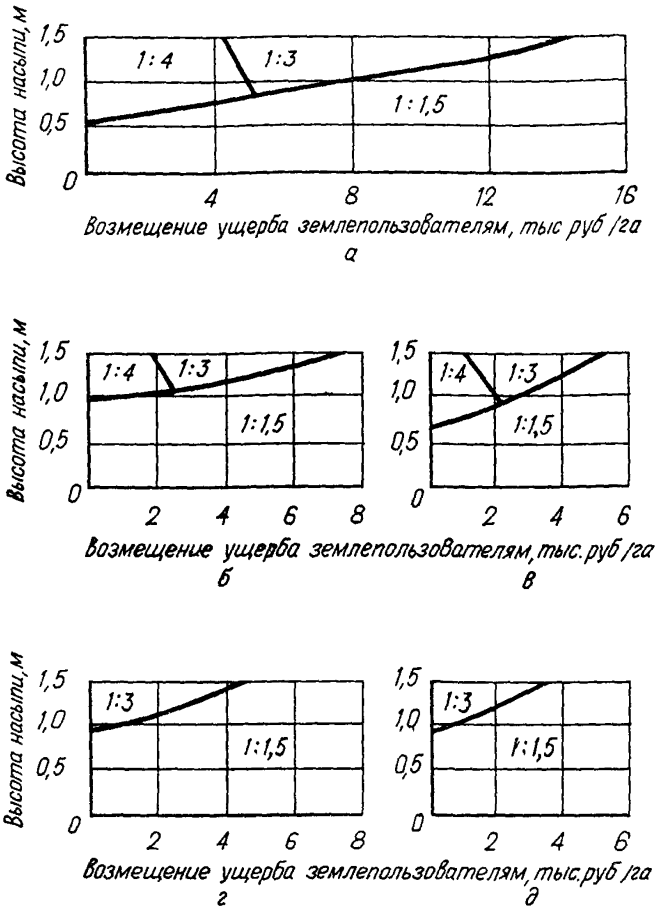


Рис. I5. Рекомендуемая крутизна откосов насыпи высотой до I,5 м при возведении земляного полотна из одностороннего бокового резерва:

а, б, в – перспективная интенсивность движения 7 тыс.авт/сут;
г,д – перспективная интенсивность движения 3 тыс.авт/сут;
коэффициенты ежегодного прироста интенсивности:
а,г – I,03; б,д – I,I; в – I,I5

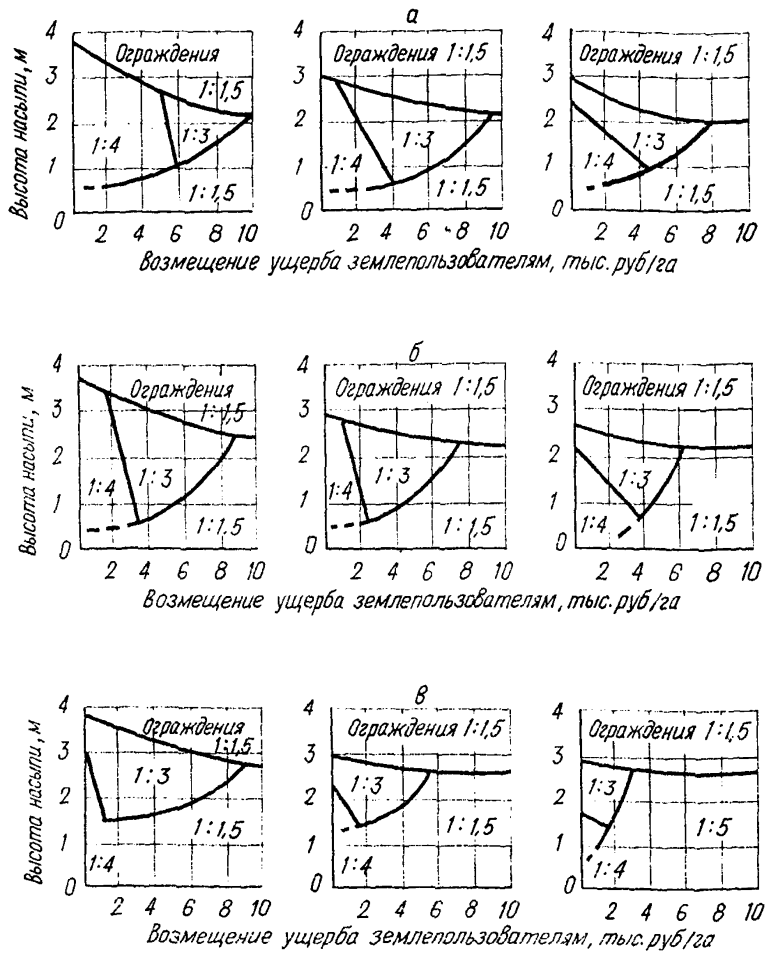


Рис. 16. Рекомендуемая крутизна откосов насыпи на дорогах III технической категории при возведении земляного полотна из привозных грунтов. Коэффициенты ежегодного прироста интенсивности: а - 1,03; б - 1,1; в - 1,15

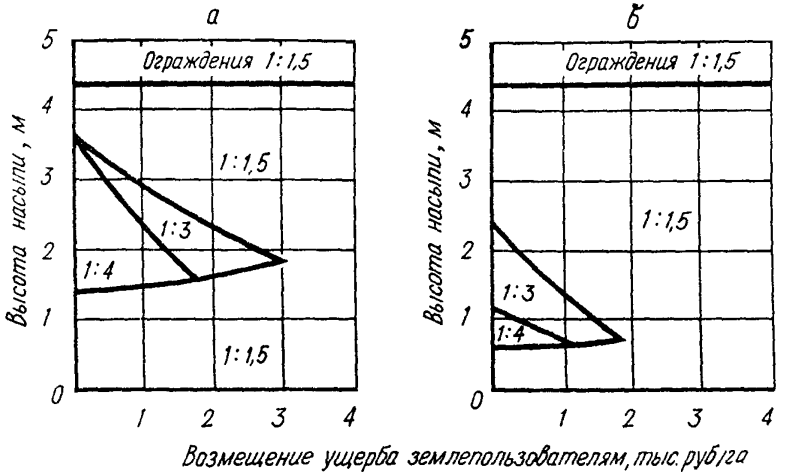


Рис. 17. Рекомендуемая крутизна откосов насыпи на дорогах III технической категории при возведении земляного полотна из привозных грунтов. Затраты, отнесенные к I м^3 грунта:
а – 0,5 руб.; б – I руб.

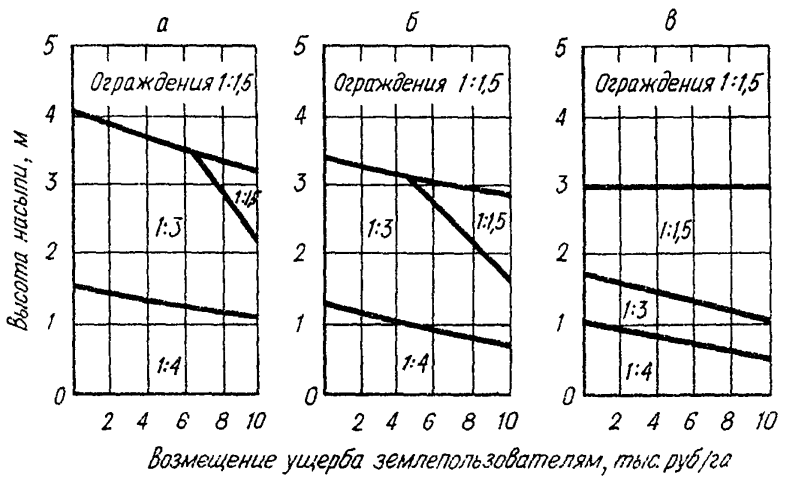


Рис. 18. Рекомендуемая крутизна откосов насыпи при реконструкции дороги III технической категории с использованием привозных грунтов. Затраты, отнесенные к I м^3 грунта:
а – 0,5 руб.; б – I руб.; в – I,5 руб.

логих откосов наиболее целесообразно тогда, когда интенсивность движения в первые годы эксплуатации дороги составляет 50–60% перспективной, а в дальнейшем возрастает медленными темпами с коэффициентом ежегодного прироста I,03. Если в начальный период интенсивность движения составляет I0–I5% перспективной, а затем растет с коэффициентом ежегодного прироста I,I5, рациональная область устройства насыпи с откосами крутизной I:3 – I:4 заметно сужается (см. рис. I5). Устройство откосов крутизной I:4 на дорогах Ш технической категории может быть оправдано только необходимостью облегчить их содержание в зимнее время года.

При возведении насыпей из привозных грунтов уменьшаются площади земель, отводимых в постоянное пользование, но возрастают затраты на перевозку. Результаты расчетов свидетельствуют о возможности существенно расширить область использования откосов насыпи крутизной I:3 – I:4 (при сравнительно низкой ценности земельных угодий) по сравнению с величинами, нормируемыми СНиП II-Д.5–72 (см. рис. I6). Затраты на разработку, транспортировку, разравнивание и уплотнение грунта, отнесенные к $1м^3$ грунта, соответственно равны 0;5; I,0 и I,5 руб. Графики для дорог Ш технической категории при коэффициенте ежегодного прироста интенсивности движения I,03 приведены на рис. I7.

Для выбора оптимальной крутизны откоса насыпи при различных затратах на возведение земляного полотна могут быть использованы графики (см.рис.I6–I7). В ориентировочных подсчетах следует принимать затраты на разработку, перемещение, разравнивание и уплотнение грунта: 0,5 руб/$м^3$ при перевозке грунта на расстояние до 0,5 км; I,0 руб/$м^3$ – на расстояние I–I,5 км; I,5 руб/$м^3$ – на расстояние I,5–3 км. При высокой ценности зе-

мельных угодий, на которых расположены карьеры, затраты на возмещение ущерба землепользователям необходимо относить к I $м^3$ грунта и учитывать их дополнительно.

Появилась возможность нормирования в СНиП II-Д.5-72 наибольшей крутизны откоса в зависимости от категории дороги, ценности земельных угодий и дальности транспортировки грунта. Доказана эффективность устройства земляного полотна без резервов на ценных землях с установкой дорожных ограждений (см. рис. I6,I7).

При реконструкции автомобильных дорог расходы на расширение земляного полотна, как правило, превышают затраты на I $м^3$ грунта при новом строительстве. Это обусловливается необходимостью тщательного уплотнения грунта на присыпанных откосах, сложностью уширения высоких насыпей, невозможностью использования боковых грунтовых резервов. На рис. I8 приведены результаты расчетов оптимальных значений крутизны откосов насыпи при реконструкции дороги III технической категории с расширением земляного полотна от I2 до I5 м (коэффициент ежегодного прироста интенсивности I,03, интенсивность движения на существующей дороге 4 тыс. авт/сут). Устройство откосов крутизной I:I,5 будет оправдано только при высоких затратах на разработку, перевозку и уплотнение грунта (см. рис. I8,в), а также при высокой ценности земельных угодий (см. рис. I8, а,б). Нецелесообразно использовать откосы крутизной I:I,5 при низких насыпях из-за сложности уширения земляного полотна.

Учет ценности земельных угодий и ущерба народному хозяйству от дорожно-транспортных происшествий при проектировании откосов насыпей позволяет дополнить требования к нормированию крутизны откосов, изложенные в СНиП II-Д.5-72 и СН 467-74, что будет способствовать существенному повышению пассивной безопасности автомобильных дорог.

3.2. УСТАНОВКА ОГРАЖДЕНИЙ НА ВЫСОКИХ НАСЫПЯХ И РАЗДЕЛИТЕЛЬНОЙ ПОЛОСЕ

Правильная установка ограждений на высоких насыпях с крутыми откосами способствует повышению пассивной безопасности автомобильных дорог.

СНиП II-Д. 5-72 четко регламентирует участки, на которых необходимо располагать дорожные ограждения. Аналогичные требования содержатся в Технических правилах ремонта и содержания автомобильных дорог Минавтодора РСФСР. Однако в этих документах критерии установки ограждений однозначны и, кроме того, в них не сформулированы требования к установке ограждений на дорогах IУ-У технических категорий и на дорогах Ш технической категории при перспективной интенсивности движения на пятилетний период менее 2000 авт/сут. Соблюдение ГОСТ 23457-79 "Технические средства организации движения. Правила применения" способствует устранению недостатков.

В целях определения нормативов на установку дорожных ограждений был выполнен расчет ущерба, нанесенного народному хозяйству от наездов на ограждения и съездов с дороги для разных пределов изменения высоты откоса при крутизне I:I,5. Рассмотрены три случая повышения интенсивности движения по линейному закону с коэффициентами прироста интенсивности I,03; I,I; I,2. Пределы ее изменения за 20-летний период (I980 - 2000 гг.) приняты в соответствии с нормативами СНиП II-Д.5-72 для дорог соответствующих категорий. Единичные показатели ущерба от ДТП рассматриваемого вида (на одного погибшего, раненого с тяжелыми последствиями или без них) приняты в соответствии с данными, уточненными канд. техн. наук О.А. Дивочкиным в I978 г. (МАДИ). Подсчет приведенных затрат для сравниваемых вариантов при отсутствии и на-

личии ограждений выполнен по Типовой методике определения экономической эффективности капитальных вложений и новой техники в народном хозяйстве СССР на I погонный метр дороги и включает средства на содержание и восстановление ограждений. Для внешней и внутренней сторон закруглений дорог в плане приведенные затраты подсчитаны отдельно.

Частота наездов автомобилей на ограждения, установленные на спусках и закруглениях дорог в плане, условно принята с учетом пропорционального изменения количества съездов на соответствующем участке по сравнению с прямолинейным горизонтальным участком дороги. Изучение схем ДТП показало, что на прямых участках дорог и спусках съезды возникают с неодинаковой частотой. Как уже отмечалось, правосторонние съезды происходят в два раза чаще левосторонних. На закруглениях дороги в плане это соотношение меняется. При радиусах от 600 до 1000 м более 66% съездов происходит на внешнюю сторону закругления, а при радиусах от 250 до 600 м - около 87%. Поэтому установка ограждений на обочинах внутренней стороны закруглений оправдана, например, на дорогах II технической категории при высоте откоса насыпи 4,5-6 м.

Сопоставление приведенных затрат по вариантам показало, что участки дорог можно разделить на три основные группы (табл. 13). К первой относятся прямолинейные участки с продольным уклоном до 40‰ и закругления в плане радиусом более 600 м, расположенные на таком участке и после него, а также закругления радиусом менее 600 м на спуске с уклоном до 40‰ или после него (для установки ограждений на обочине с внутренней стороны закругления), поскольку после установки ограждений на внешней стороне закруглений возможно увеличение количества съездов во внутреннюю сторону из-за отброса автомобиля от ограждения. Во

Таблица I3

Ограждение высоких насыпей

Группа участков дорог	Техническая категория дороги	Минимальная высота откоса насыпи (м) для установки дорожных ограждений при перспективной интенсивности движения на 5 лет (тыс. авт/сут.)				
		0,2	0,5	I	2	3
I	II	-	4,0-7,0	3,5-6,0	3,0-5,0	2,5-4,0
	III	6,0-9,0	5,0-8,5	4,5-7,5	3,5-6,0	-
	IУ	7,5-I0,5	7,0-I0,0	-	-	-
	У	9,0-I2,0	-	-	-	-
2	II	-	3,0-5,0	2,5-4,0	2,0-3,5	I,5-2,5
	III	4,0-6,5	3,5-6,0	3,0-5,0	2,5-4,0	-
	IУ	5,0-7,5	4,5-7,0	-	-	-
	У	6,5-9,0	-	-	-	-
3	II	-	3,5-5,5	3,0-5,0	2,5-4,0	2,0-3,5
	III	4,5-7,0	4,0-6,5	3,5-5,5	3,0-5,0	-
	IУ	5,5-8,5	5,0-8,0	-	-	-
	У	8,0-I0,5	-	-	-	-

вторую входят закругления в плане радиусом менее 600 м,расположенные на участке с продольным уклоном более 40‰ или после него(для установки ограждений на обочине с внешней стороны закругления).Третья группа состоит из прямолинейных участков дорог и закруглений в плане радиусом более 600 м,находящихся на спуске с продольным уклоном более 40‰, закругления радиусом менее 600 м - на спуске с уклоном до 40‰ либо после него (для

установки ограждений на обочине с внешней стороны закругления), или на спуске с уклоном более 40‰ , либо после него (для установки ограждения на обочине с внутренней стороны закругления). В данную группу включены участки дорог в пределах вогнутых закруглений продольного профиля, сопрягающих встречные уклоны с алгебраической разностью 50‰ и более.

Высота откоса для дорог У технической категории установлена экстраполяцией. Нижние пределы (см. табл. I3) рекомендуется использовать при отсыпке насыпей из привозных грунтов, когда высота насыпи примерно равна высоте откоса, а верхние - на участках с глубокими боковыми канавами и резервами. Кроме того, дорожные ограждения следует размещать на мостах, путепроводах, эстакадах, на обочинах дорог, проходящих по склонам крутизной более I:3 (со стороны склона), или параллельно железнодорожным линиям, болотам и водным потокам глубиной более 2 м, оврагам и горным ущельям, на обочине или разделительной полосе, у опор путепроводов, деревьев с диаметром стволов более I0 см, консольных или арочных опор информационно-указательных знаков, расположенных на расстоянии менее 4 м от края проезжей части.

СНиП II-Д.5-72 не устанавливает нормативы применения ограждений на разделительной полосе дорог I технической категории. Анализ статистических данных о ДТП, выполненный для ряда автомобильных магистралей СССР, показал, что размещение ограждений на разделительной полосе шириной 5 м способствует полному устранению встречных столкновений автомобилей, резкому снижению количества столкновений с впереди идущим транспортным средством и боковых столкновений.

По данным А.А.Кукушкина, ограждения резко уменьшают ущерб дорожно-транспортных происшествий разных видов (табл. I4).

Таблица I4

Изменение тяжести последствий и ущерба от ДТП при установке ограждений на разделительной полосе

Вид ДТП	Без ограждения на разделительной полосе			С ограждением на разделительной полосе		
	Число пострадавших на одно ДТП		Средний материальный ущерб от одного ДТП, руб.	Число пострадавших на одно ДТП		Средний материальный ущерб от одного ДТП, руб.
	погибших	раненых		погибших	раненых	
Встречное столкновение	0,33	I	6568	-	-	-
Столкновение с впереди идущим автомобилем	0,5	0,33	II30	-	0,52	758
Опрокидывание транспортных средств	-	0,36	555	0,I43	0,67	2807
Столкновение с остановившимся транспортным средством	0,33	0,67	5350	0,II	I,0	283I
Наезд на препятствие и прочие ДТП	-	-	I50	-	0,4	607
Наезд на ограждение	-	-	-	-	0,22	445

Расчетами доказана целесообразность применения ограждений на разделительной полосе шириной 5 м при отсутствии опор освещения, связи, электропередач и перспективной интенсивности движения на 5-летний период не менее 20 тыс. авт/сут.

Подобные расчеты для других размеров полос позволили разработать нормативы по установке ограждений на разделительной полосе (ГОСТ 23457-79).

3.3. УСТАНОВКА ОГРАЖДЕНИЙ НА МОСТАХ И ПУТЕПРОВОДАХ

На мостах и путепроводах СССР регистрируется около 3% дорожно-транспортных происшествий. Поскольку их протяженность составляет лишь незначительную часть общей длины сети дорог, на единицу длины моста приходится больше ДТП, чем на единицу длины дороги, и их последствия, как правило, более тяжелые. По данным канд. техн. наук О.А. Дивочкина, около 50% подобных происшествий на мостах и путепроводах связаны со съездами транспортных средств и наездами на элементы конструкций (табл. I5).

Таблица I5

Распределение дорожно-транспортных происшествий по видам на мостах и путепроводах

Вид ДТП	Удельный вес ДТП, %
Съезд	28,9
Встречное столкновение	I3,4
Боковое столкновение	4,4
Столкновение с впереди идущим транспортным средством	6,7
Столкновение со стоящим транспортным средством	0,2
Опрокидывание	4,2
Наезд на препятствие (ограждение, перила, бордюры и др.)	I8,9
Наезд на пешехода	I2,2
Наезд на велосипедиста	8,9
Столкновение с гужевым транспортом	2,2

Частота и тяжесть последствий дорожно-транспортных происшествий на подходах к мостам и путепроводам зависит от высоты и крутизны откосов насыпей, наличия дорожных ограждений, а так-

же геометрических элементов дорог. Поскольку для обоснования нормативов установки ограждений (п. 3.1) и расчетов оптимальной крутизны откосов насыпей (п. 3.2) использованы статистические данные о дорожно-транспортных происшествиях на подходах к мостам, все рекомендации, сформулированные в указанных разделах, справедливы для участков дорог на подходах к мостам и путепроводам.

Частота и тяжесть последствий дорожно-транспортных происшествий, фиксируемых непосредственно на мостах и путепроводах, обусловлена главным образом соотношением габарита искусственного сооружения и ширины проезжей части дороги на подходах к мосту: чем больше соотношение, тем меньше количество ДТП. Важно отметить, что половина происшествий на искусственных сооружениях и подходах к ним возникает в темное время суток. Это связано с ухудшением условий видимости элементов конструкции сооружения и ослеплением светом фар встречных автомобилей.

Пассивная безопасность мостов и путепроводов определяется прежде всего конструкциями ограждений, тротуарных блоков и перил. Представляет интерес изучение последствий наездов транспортных средств на эти элементы конструкций при различном сочетании геометрических элементов дорог. Большая часть малых мостов и путепроводов расположена на горизонтальных прямолинейных участках дорог, и на их долю приходится 48% ДТП. Для мостов и путепроводов эта доля составляет: 23% - на прямых спусках; 16% - на горизонтальных кривых; 13% - на спусках горизонтальных кривых.

На горизонтальных прямых, в отличие от участков за пределами мостов и путепроводов, большее количество съездов с мостов и наездов совершается в правую сторону по ходу движения. Прежде всего - это наезды на ограждения, бордюры, перила. Для мостов

и путепроводов на закруглении дороги в плане или после них характерна концентрация происшествий с внешней его стороны (до 80%). Очевидно, при разработке конструкций мостов и путепроводов проектировщикам необходимо учитывать этот факт.

Тяжесть последствий ДТП во многом зависит от конструкции перил и ограждений. При наличии бордюра высотой 15-20 см большинство ДТП приходится на долю грузовых и легковых автомобилей (соответственно 39 и 41%), причем в 69% случаев не зафиксировано падение транспортного средства с моста.

Наезды на перила (75%) с последующим падением транспортного средства с моста выпадают на долю легковых автомобилей. Не наблюдались случаи падения мотоциклистов с мостов и путепроводов после ударов о перила.

Тяжесть последствий наездов транспортных средств на перила мостов и путепроводов выше, чем при наездах на бордюры высотой 0,5-0,55 м (табл. 16). Причем удары об ограждения та-

Таблица 16

Тяжесть последствий наездов на конструкции мостов и путепроводов

Элементы конструкции мостов и путепроводов	Относительное число пострадавших на одно ДТП	
	погибших	раненых
Перила	0,11	0,78
Бордюры высотой 0,5-0,55 м	0,03	0,57
Массивные опоры путепроводов и фермы мостов	0,125	0,82

кой высоты оказываются менее опасными для водителей грузовых и легковых автомобилей, мотоциклистов, велосипедистов. Наибольшее число пострадавших отмечается при

наездах транспортных средств на массивные опоры путепроводов и мостов (см. табл. I6). ГОСТ 23457-79 обязывает устанавливать ограждения на всех мостах, путепроводах и эстакадах. Если габаритные размеры этих искусственных сооружений соответствуют нормам СНиП II-Д.5-72, рекомендуется применять ограждения высотой 0,8 м, а в остальных случаях - высотой 0,5 - 0,55 м и ограничивать скорость движения. Особое внимание должно быть уделено концевым участкам ограждений, которые необходимо продолжить за пределы моста с плавным отводом к бровке земляного полотна.

3.4. ТРЕБОВАНИЯ К РАСЧЕТНЫМ ПАРАМЕТРАМ ЭЛЕМЕНТОВ ДОРОЖНЫХ ОГРАЖДЕНИЙ

При разработке конструкций ограждений в качестве исходных расчетных параметров принимаются такие, которые способствуют сохранению жизни водителю и пассажирам. Максимально допустимы по безопасности воздействия на организм человека (пристегнутого ремнями безопасности) поперечное замедление автомобиля - не более $5g$, продольное - $10g$, общая величина перегрузки - $12g$. Причем максимальная скорость нарастания замедления не должна превышать $500\ g/c$, а продолжительность замедления - не более 0,05 с. Вместе с тем для расчета конструкций необходимо знать величину действующей на них силы, которая определяется углом наезда на препятствие, массой и скоростью транспортного средства в момент дорожно-транспортного происшествия.

Во многих зарубежных странах давно проводится изучение условий съезда автомобиля с дороги, внезапно потерявшего управление, или его наезда на различные препятствия. Исследования осуществляются путем весьма дорогостоящих натурных испытаний или посредством моделирования процесса ДТП.

Союздорнии рекомендует следующие расчетные условия наездов автомобилей на препятствия (табл. I7), полученные в результате обобщения целого ряда зарубежных исследований.

Таблица I7

Расчетные условия наездов транспортных средств на препятствия

Расчетные параметры	Тип транспортного средства	
	легковой	автобус
Масса, кг	I500	I5000
Скорость в момент наезда, км/ч (м/с)	80 (22,2)	60 (16,6)
Кинетическая энергия автомобиля при прямом центральном ударе о препятствие (например, наезде на стойку дорожного знака или мачту освещения), Дж	369460	2067800
Поперечная составляющая скорости автомобиля в момент наезда на направляющее ограждение, м/с:		
угол наезда I0°	-	2,9
-"- I5°	-	4,3
-"- 20°	7,6	
Энергия удара о направляющее ограждение, обусловленная поперечной составляющей скорости удара, Дж	434I5	629I5 / I40I40

Примечания: I. Прямой центральный удар - удар, при котором вектор скорости ударяющегося тела, центр его массы и сила реакции препятствия находятся на одной прямой.

2. В числителе показана энергия удара при наезде под углом I0°, в знаменателе - I5°.

3. Угол I5° следует принимать при конструировании усиленных ограждений (например, для горных дорог с интенсивным движением автобусов).

Однородность структуры дорожной сети в развитых странах Запада, основу которой составляют автомагистрали, позволяет использовать расчетные условия при проектировании новых конст-

рукций сооружений. Однако большой диапазон скоростей движения транспортных средств на дорогах различных категорий в нашей стране диктует необходимость разработки дифференцированных требований к расчетным параметрам конструкций ограждений. С этой целью ВНИИБД МВД СССР собраны и проанализированы сведения о фактических условиях наездов автомобилей на препятствия и съездов с дороги (скорость движения в момент ДТП, углы съезда с дороги и наезда на препятствие, масса автомобиля, размеры геометрических элементов дороги и др.). Измерение этих параметров связано с определенными трудностями. Так, угол наезда на препятствие или съезда с дороги и скорость в момент ДТП можно зафиксировать на месте происшествия только визуально или посредством опроса водителя и очевидцев, а массу "расчетного" автомобиля - применив методы математической статистики. Поскольку кинетическая энергия движущегося автомобиля зависит от его скорости и массы, наиболее существенно установить их "расчетные" значения, которые и должны быть использованы для расчета энергии удара в момент ДТП. При этом следует учитывать, что состав транспортного потока весьма разнороден по весовым параметрам, но вместе с тем для различных типов транспортных средств на дорогах страны введены скоростные ограничения. Поэтому естественно предположить, что необходимо определять как легковой, так и грузовой "расчетный" автомобиль. Проведенные исследования показали, что масса 95% легковых автомобилей от массы транспортных средств, которые участвовали в ДТП с наездом на препятствия или съездом с дороги, не превышает 2000 кг, а масса грузовых автомобилей - 7000 кг (рис. I9). Эти величины можно принять соответственно за "расчетные" массы.

Установлена скорость легковых и грузовых автомобилей в зависимости от категорий дорог (рис. 20). В частности, скорость легковых автомобилей в мо-

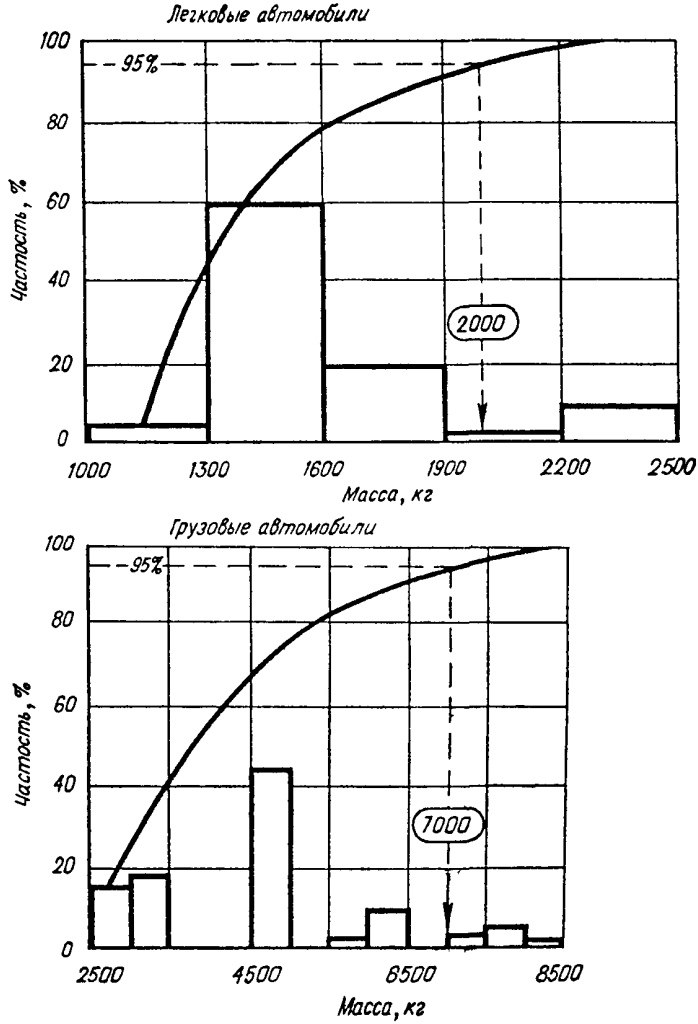


Рис.19.Распределение по массе транспортных средств, участвовавших в наездах на препятствия и съездах с дороги с опрокидыванием

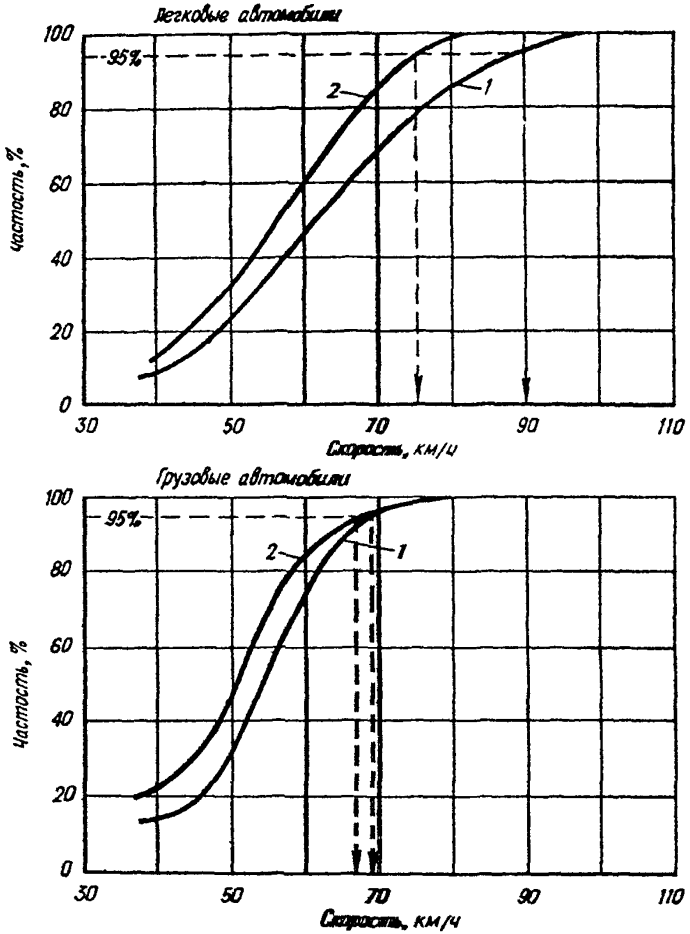


Рис.20. Распределение скоростей транспортных средств, участвовавших в наездах на препятствия и съездах с дороги: I – дороги I–II технических категорий; 2 – дороги IУ–У технических категорий

мент возникновения ДТП составляла около 90 км/ч для дорог I–III технических категорий и около 75 км/ч – для дорог IУ–У технических категорий. Для грузовых автомобилей эти показатели соответственно равны 68 и 69 км/ч (округлены до 70 км/ч).

В момент наезда на препятствие разрушающее действие оказывает не вся кинетическая энергия движущегося транспортного средства, а только ее поперечная составляющая (E_1), значение которой зависит от величины угла наезда Q (рис. 2I). При съезде автомобиля с дороги угол съезда (наезда на удерживающее ограждение) можно определить как угол между следом протектора

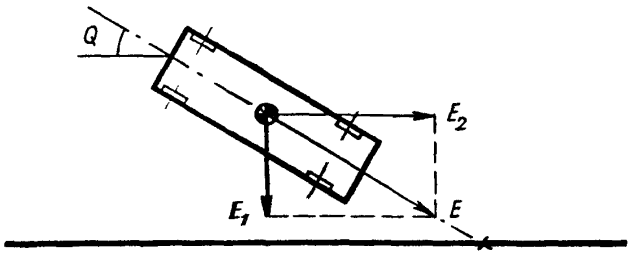


Рис.2I. Определение угла наезда на препятствие и поперечной составляющей энергии движущегося автомобиля

шины на обочине и кромкой проезжей части дороги. Съезды с дороги происходят в правую и левую стороны, причем в правую в два раза чаще, но с меньшими величинами углов (рис. 22).

Обследование мест происшествий свидетельствует, что наезд на препятствие или съезд с дороги происходят под углом до 30°, случаи наезда под большим углом крайне редки (табл. I8).

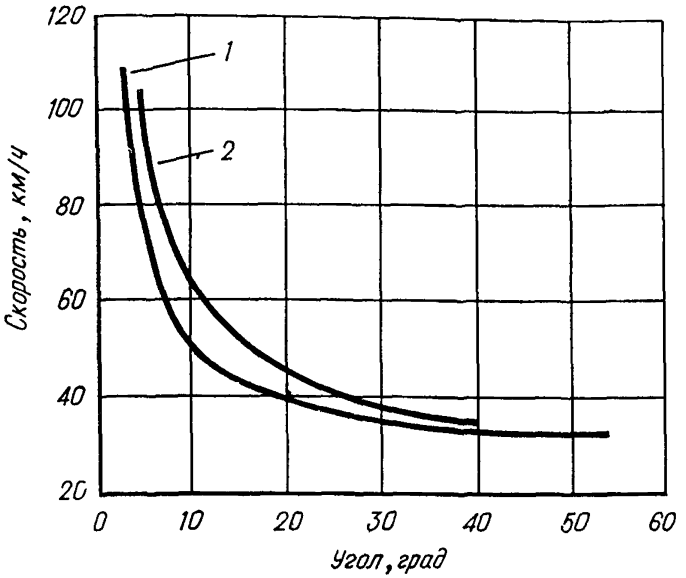


Рис.22. Зависимость угла наезда на препятствие или съезда с дороги от скорости в момент ДТП:
I - при правостороннем съезде; 2 - при левостороннем съезде

Таблица I8

Угол наезда на препятствие или съезда с дороги транспортных средств

Угол, град.	Количество случаев, %
0 - 30	90,3
30 - 60	8,4
60 - 90	I,3

Угол наезда на препятствие или угол съезда для дорог различных категорий можно вычислить по графикам(см. рис. 20), используя значения скоростей автомобилей в момент происшествия (табл. I9)

Таблица I9

Расчетные параметры

Исходные расчетные параметры	Категория дороги	
	I-III	IУ-У
Масса автомобиля, кг:		
легкового	2000	2000
грузового	7000	7000
Скорость автомобиля, км/ч:		
легкового	90	75
грузового	70	70
Угол наезда автомобиля, град.:		
легкового	I5	I5
грузового	I5	I5

3.5. УСТАНОВКА НАПРАВЛЯЮЩИХ СТОЛБИКОВ

Для улучшения ориентировки водителей в темное время суток и при неблагоприятных метеорологических условиях на автомобильных дорогах устанавливают направляющие столбики, которые помогают четче различать направление автомобильной дороги (особенно на опасных участках), границы проезжей части и обочин. Направляющие столбики к дорожным ограждениям не относятся. Они не рассчитаны на ударные воздействия транспортных средств. Поскольку направляющие столбики при наезде на них не должны наносить серьезных повреждений автомобилям и участникам движения, рекомендуются конструкции из пластических материалов (полиэтилена, полипропилена, поливинилхлорида), обладающих ударопрочной вязкостью, и из тонких стальных или алюминиевых листов, изготов-

ленных в виде уголка. В районах, богатых лесом, могут успешно использоваться деревянные столбики. При наездах транспортных средств столбики должны изгибаться или отсоединяться от основания.

Железобетонные столбики (тумбы), применяемые на автомобильных дорогах СССР и некоторых зарубежных стран, не отвечают предъявляемым требованиям. В ряде случаев тяжесть последствий при наездах на них выше, чем при съезде транспортных средств с откоса насыпи. Чем меньше масса транспортного средства, тем более уязвимы водители и пассажиры. Из ста случаев наезда автомобилей на железобетонные столбики 14% приходится на долю грузовых автомобилей, 29% – на легковые автомобили и 57% – на мотоциклы. Причем на 10 наездов мотоциклов отмечено 1,2 погибших и 11 раненых, а на 10 наездов легковых автомобилей – 7,5 раненых (материальный ущерб от каждого наезда составил около 500 руб.). Водители и пассажиры грузовых автомобилей получили лишь легкие ранения (ушибы, легкие переломы) при материальном ущербе около 100 руб. Более серьезные травмы зафиксированы при съездах транспортных средств с откосов насыпей после удара о столбики.

В темное время суток и при неблагоприятных погодных условиях (туман, дождь) зафиксировано примерно 80% наездов на столбики. Отчасти это объясняется недостаточной видимостью столбиков, отсутствием световозвращающих элементов и их небольшой высотой.

Исследования видимости направляющих столбиков, проведенные МАДИ и Гипродорнии, показали, что при отсутствии световозвращающих элементов водители замечали изменение направления дороги на закруглении с 40–100 м (в зависимости от радиуса закругления и расстояния между столбиками). Наклейка на столби-

ки световозвращающей пленки увеличивает расстояние видимости в два раза. ГОСТ 13508-74 "Разметка дорожная" обязывает применять световозвращающие элементы на всех направляющих столбиках. При этом можно увеличить расстояние между столбиками и снизить затраты на оборудование дороги без уменьшения расстояния видимости.

Стоимость одного железобетонного столбика составляет 4-5 руб., а полиэтиленового со световозвращающими элементами - 7-10 руб. За счет увеличения расстояния между столбиками (табл. 20) затраты на оборудование участка дороги останутся неизменными, но существенно повысится пассивная безопасность дороги из-за уменьшения тяжести последствий дорожно-транспортных происшествий.

Таблица 20

Расстояния между направляющими столбиками с внешней стороны закругления

Радиус закругления дороги в плане, м		100	200	300	400	500	600 и более
Расстояние между столбиками, м	СНиП II-Д.5-72	10	10	10	10	15	15
	ГОСТ 23457-79	10	15	20	30	40	50

3.6. ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ НАЕЗДОВ НА ДЕРЕВЬЯ

Вдоль большой части автомобильных дорог СССР расположены посадки деревьев. Они предназначены для защиты дорожного полотна от снега, песчаных заносов, ветра, улучшения ориентирования

Таблица 21

Тяжесть последствий происшествий при наездах на деревья

Диаметр стволов деревьев, см	Количество ДТП, %		
	Смертельный исход	Тяжелые травмы	Легкие травмы
Менее 20	20	37	43
20–40	32	39	29
40 и более	41	45	14

водителей и восприятия ими дорожного пространства в сочетании с ландшафтом местности. Деревья сохранились на обочинах или откосах многих дорог. Такие посадки предохраняли от высыхания гравийные и щебеночные покрытия. С ростом интенсивности и скорости движения деревья становятся источниками повышенной опасности, усложняют содержание дороги, затрудняют расширение проезжей части. По данным А. Садырходжаева 9% всех ДТП в Узбекской ССР связано с наездами на деревья. Причем тяжесть последствий происшествий зависит от диаметра стволов (табл. 21). Но вместе с тем на тяжесть последствий наездов влияет не только диаметр стволов деревьев, но и их расположение относительно края проезжей части. Чем ближе к ней посадки деревьев и выше скорость движения транспорта, тем чаще возникают ДТП со смертельным исходом и тяжелыми последствиями (рис. 23).

Для повышения безопасности движения в населенных пунктах, где скорость движения транспорта не более 60 км/ч, можно рекомендовать посадки деревьев или сохранять их, руководствуясь следующим:

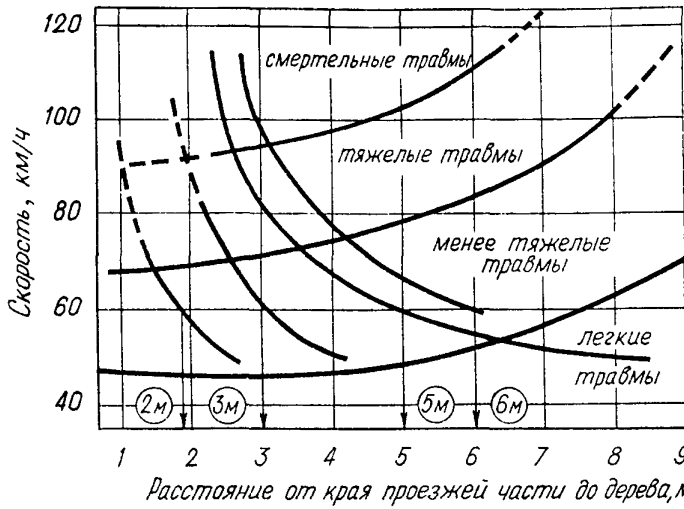


Рис.23. Зависимость возможного травмирования участников ДТП от диаметра ствола дерева и расположения его относительно края проезжей части:

I - деревья с диаметром ствола не более 10 см;
2 - -"- -"- -"- 10 - 20 см;
3 - -"- -"- -"- 20 - 30 см;
4 - -"- -"- -"- 30 - 40 см

деревья с диаметром ствола до 10 см должны быть расположены не ближе 2 м от края проезжей части; от 10 до 20 см - не ближе 3 м; от 20 до 30 см - не ближе 5 м; от 30 до 40 см и более - не ближе 6 м.

На загородных дорогах скоростные режимы более высоки, и, как следует из рис. 23, с ростом скорости в момент ДТП увеличивается тяжесть последствий от наезда на деревья любого диаметра. Учитывая это, рекомендуется допускать посадку деревьев на расстоянии не менее 9 м от края проезжей части. Сохранение аллей допустимо лишь на туристских и парковых трассах с малой интенсивностью движения (до 1000 авт/сут.).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Рассмотренные в практическом пособии положения свидетельствуют, что безопасность движения на дорогах во многом определяется уровнем их инженерного оборудования, установкой энергоемких дорожных ограждений, травмобезопасных конструкций опор массивных дорожных знаков, опор наружного освещения, линий связи, защитой наиболее опасных массивных конструкций, находящихся в непосредственной близости от проезжей части, изменением геометрических параметров насыпей и водоотводных сооружений.

Анализ статистических данных о дорожно-транспортных происшествиях и режимах движения показывает, что при достижении необходимого уровня пассивной безопасности автомобильных дорог можно значительно снизить тяжесть последствий и материальный ущерб от ДТП. Однако во многих случаях выполнение мероприятий по повышению пассивной безопасности связано с экономическими и конструктивными трудностями. Так, устройство пологих откосов насыпей приводит к увеличению объемов земляных работ и площадей, изымаемых из сельскохозяйственного производства. Применение ударобезопасных конструкций дорожных ограждений, опор крупногабаритных знаков и опор освещения способствует снижению тяжести последствий, но вызывает значительное увеличение капитальных и эксплуатационных затрат. Поэтому все решения по обеспечению пассивной безопасности дорог должны быть экономически обоснованы.

Приведенные результаты исследований не охватывают всего комплекса вопросов, связанных с обеспечением пассивной безопасности дорог. Во многом это обусловлено сложностью проблемы, отсутствием данных об опасности различных элементов дороги. Очевидно, необходимо дальнейшее проведение исследований.

с привлечением специалистов различных областей науки и техники. Это позволит конкретизировать и усовершенствовать требования к инженерному обеспечению пассивной безопасности автомобильных дорог.

ЛИТЕРАТУРА

1. Астров В. А. Требования к средствам пассивной безопасности на автомобильных дорогах. – М.: Труды Союздорнии, 1976, вып. 81.
2. Бабков В. Ф. Дорожные условия и безопасность движения. – М.: Транспорт, 1970.
3. Залуга В. П. Оборудование автомобильных дорог для безопасности движения ночью. – М.: Транспорт, 1970.
4. Техно-рабочий проект экспериментальных конструкций ограждений и дорожных знаков и привязка их к испытательному полигону. – Союздорпроект, Киевский филиал, 1977.
5. Nordlin E. F., Ames W. H., Field R. N. Dinamik Fests of Five Breakaway Lighting Standard Base Designs. Highway Research Record, N 259, 1969.
6. Giawotto V., Caprile C. Highways Safety Barriers, Theary and Application Roma-Milano, 1967.
7. Hayes E., Ross Yr. Evaluation of roadway safety features by computer simulation. Final report. Research report 140-10F study 2-10-69-140 Evaluation of the roadway environment, 1975, p. 1-33.
8. Handbook of Highway safety design and operating practices U.S. Department of Transportation/Federal Highway Administration, 1973.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение 3

I. Место пассивной безопасности в системе мер по обеспечению безопасности дорожного движения 5

I.I. Народнохозяйственное значение проблемы обеспечения пассивной безопасности автомобильных дорог 5

I.2. Современные методы снижения тяжести последствий дорожно-транспортных происшествий I2

I.2.I. Нормирование требований к элементам дорожной обстановки, связанных с пассивной безопасностью дорог I2

I.2.2. Жесткие дорожные ограждения I4

I.2.3. Полужесткие, эластичные и полуэластичные дорожные ограждения I7

I.2.4. Останавливающие ограждения 22

I.2.5. Опоры дорожных знаков и наружного освещения 25

2. Анализ дорожно-транспортных происшествий, связанных с пассивной безопасностью дороги 34

2.I. Съезды транспортных средств с дороги 34

2.2. Наезд транспортных средств на элементы дорожной обстановки 4I

3. Методы обеспечения пассивной безопасности автомобильных дорог 45

3.I. Изменение геометрии откосов насыпей 45

3.2. Установка ограждений на высоких насыпях и разделительной полосе 58

3.3. Установка ограждений на мостах и путепроводах. 63

3.4. Требования к расчетным параметрам элементов дорожных ограждений 66

3.5. Установка направляющих столбиков 73

3.6. Предупреждение наездов на деревья 75

Заключение 78

Литература 79

МЕТОДЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПАССИВНОЙ
БЕЗОПАСНОСТИ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ
(Пособие)

Редактор Е. В. П а ш к и н а
Художественный редактор Н. П. З е р и н
Технический редактор А. И. Т р а в я н к о
Корректор Н. И. Т р е м б а

Подписано в печать 22.I2.80 г. Л - 57597 Формат 60x90/I6
Объем 5,0 п.л. Тираж 500 экз. Заказ 847 Цена 27 коп.

оперативной полиграфии
ВНИИБД МВД СССР

gost.e-ecolog.ru