

**МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

ФГБОУ ВО Пензенский ГАУ

В.П. Терюшков, К.З. Кухмазов, А.В. Чупшев

ТРАНСПОРТНО-ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ КАЧЕСТВА АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ И ГОРОДСКИХ УЛИЦ

Учебное пособие



Пенза 2022

**Министерство сельского хозяйства
Российской Федерации**

ФГБОУ ВО Пензенский ГАУ

В.П. Терюшков, К.З. Кухмазов, А.В. Чупшев

ТРАНСПОРТНО-ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ КАЧЕСТВА АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ И ГОРОДСКИХ УЛИЦ

Учебное пособие

для студентов, обучающихся по направлению подготовки

23.03.03 Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов
и специальности 23.05.01 Наземные транспортно-технологические средства

Пенза 2022

УДК 656.13 (075)

ББК 40.72 (Я 7)

Т 35

Рецензент канд. техн. наук, доцент кафедры «Механизация технологических процессов в АПК» ФГБОУ ВО Пензенский ГАУ Т.А. Кирюхина.

Рекомендовано к изданию методической комиссией инженерного факультета ФГБОУ ВО Пензенский ГАУ от 14 февраля 2022 г., протокол № 6.

Терюшков, Вячеслав Петрович

Т 35 Транспортно-эксплуатационные качества автомобильных дорог и городских улиц: учебное пособие / В.П. Терюшков, К.З. Кухмазов, А.В. Чупшев. Пензен. гос. аграр. ун-т. – Пенза: ПГАУ, 2022. – Текст: электронный. 1CD(165)

В учебном пособии дана классификация дорог и городских улиц, рассмотрены основные элементы дорог и дорожных сооружений, приведены характеристики транспортно-эксплуатационного состояния дорог и городских улиц: факторы, взаимодействие дороги и автомобиля. Описаны закономерности формирования транспортных потоков, пропускной способности автомобильных дорог и улиц, даны понятия об уровнях загрузки дороги и уровнях удобства движения; рассмотрены способы сохранения транспортно-эксплуатационных качеств дорог и улиц в разные периоды года. Учебное пособие предназначено для студентов обучающихся по направлению подготовки 23.03.03 Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов и специальности 23.05.01 Наземные транспортно-технологические средства.

© ФГБОУ ВО

Пензенский ГАУ, 2020

© В.П. Терюшков, К.З. Кухмазов,

А.В. Чупшев, 2022

ВВЕДЕНИЕ

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

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

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

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

1 КЛАССИФИКАЦИЯ ДОРОГ И ГОРОДСКИХ УЛИЦ

1.1 Классификация автомобильных дорог

Автомобильная дорога (автодорога) – дорога для автомобильного транспорта, основными элементами которой являются земляное полотно, проезжая часть с обочинами, дорожная одежда, искусственные сооружения.

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

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

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

Федеральные дороги подразделяют на магистральные и главные.

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

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

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

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

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

Автомобильные дороги общего пользования подразделяют на городские, поселковые и внегородские. По народнохозяйственному значению автомобильные дороги делятся на общегосударственные, республиканские, областные и краевые; местные (районные и сельскохозяйственные) и ведомственные (промышленные, лесхозные и т. п.). Различают также курортные дороги, используемые преимущественно для пассажирских сообщений в курортных районах.

Автомобильная дорога, предназначенная для массового скоростного движения автотранспорта большой протяженности и высокой пропускной способности, не имеющая пересечений с другими дорогами в одном уровне называется **автомагистралью**.

По характеру работы автомобильные дороги на всем протяжении или на отдельных участках в зависимости от расчетной интенсивности движения и их народнохозяйственного и административного значения подразделяются согласно СНиП 2.05.02-85 на пять категорий (таблица 1.1).

К **I категории** относятся автомобильные дороги общегосударственного значения, основные магистральные дороги республиканского значения, а также подъезды от крупных городов к аэропортам, речным и морским портам с расчетной интенсивностью движения более 7000 автомобилей в сутки.

Автомобильные дороги **II категории** имеют то же значение, но с меньшей расчетной интенсивностью движения – от 3000 до 7000 автомобилей в сутки.

К **III категории** относятся автомобильные дороги общегосударственного и республиканского значения (кроме дорог, отнесенных к I и II категориям), основные дороги областного значения (или районного – при отсутствии областного деления), подъезды к населенным пунктам, железнодорожным узлам, речным и морским портам, местам массового отдыха населения, а также подъездные дороги предприятий и основные межпромысловые дороги с расчетной интенсивностью движения от 1000 до 3000 автомобилей в сутки.

Таблица 1.1 – Категории автомобильных дорог

Категория дороги	Расчетная интенсивность движения, авт./сут.		Народнохозяйственное и административное значение автомобильных дорог
	Приведенная к легковому автомобилю	В транс- портных единицах	
I-а	св. 14000	св. 7000	Магистральные автомобильные дороги общегосударственного значения (в том числе для международного сообщения)
I-б II	св. 14000 св. 6000 до 14000	св. 7000 св. 3000 до 7000	Автомобильные дороги общегосударственного (не отнесенные к дороге категории I-а), республиканского, областного (краевого) значения
III	св. 2000 до 6000	св. 1000 до 3000	Автомобильные дороги общегосударственного, республиканского, областного (краевого) значения (не отнесенные к дорогам категорий I-б и II), дороги местного значения
IV	св. 200 до 2000	св. 100 до 3000	Автомобильные дороги республиканского, областного (краевого) и местного значения (не отнесенные к дорогам категорий I-б, II и III)
V	до 200	до 100	Автомобильные дороги местного значения (кроме дорог, отнесенных к категориям III и IV)

Автомобильные дороги областного или районного значения (кроме дорог, отнесенных к III категории), подъездные дороги общей сети, промышленных предприятий, крупных строительных объектов, совхозов и колхозов с расчетной интенсивностью движения от 100 до 1000 автомобилей в сутки относят к **IV категории**.

К *V категории* отнесены дороги местного значения (кроме дорог IV категории), внутрипромысловые дороги и подъезды, постоянные внутренние дороги совхозов и колхозов, а также служебные и патрульные дороги с расчетной интенсивностью движения менее 100 автомобилей в сутки.

Для каждой технической категории дороги установлены определенные технические нормативы, на основе которых проектируют и строят дороги и искусственные сооружения на них. К таким нормативам относят число полос движения, ширину проезжей части дороги, наименьшие радиусы закруглений в плане, наибольшие продольные уклоны дороги и другие нормативы.

Автомагистрали, как правило, проектируют по нормам I и II категории дорог. Местные дороги обычно относят к дорогам IV и V категорий.

1.2 Классификация городских дорог и улиц

Улицы и дороги в городах служат для организации транспортного и пешеходного движения, размещения всевозможных подземных коммуникаций, а также для отвода дождевых и талых вод, как с проезжей части самой улицы, так и с прилегающих к ней территорий. Проезжая часть, тротуары, полоса зеленых насаждений, другие элементы благоустройства – все, что расположено в пределах красных линий, между границами застройки, образует улицу.

Городские дороги – дороги для движения городского транспорта вне жилых районов. Отделяются от окружающей застройки полосами зеленых насаждений и ограждениями.

В зависимости от транспортного назначения и расчетных скоростей движения улицы и городские дороги разделяют на категории, приведенные в таблице 1.2.

Таблица 1.2 – Классификация городских дорог и улиц

Категория улиц и городских дорог	Основное назначение и характеристика	Расчетная скорость движения, км/ч
1	2	3
Скоростные дороги	Предназначены для скоростной транспортной связи удаленных районов населенного пункта между собой, а также для связи с крупными промышленными районами вне населенного пункта и дорогами общей сети. Проходят по направлениям транзитных транспортных потоков и являются продолжением межгородских (загородных) дорог. Обеспечивают непрерывное движение транспорта с высокими скоростями. Пересечение с другими дорогами – в разных уровнях.	120
Магистральные улицы и дороги:		
а) общегородского значения	Предназначены для транспортных сообщений между жилыми, административными, промышленными и складскими районами, с центром населенного пункта и объектами общегородского значения (вокзалами, парками, стадионами и др.), а также скоростными дорогами и автодорогами общей сети	100 (80)
б) районного значения	Предназначены для транспортной связи в пределах жилых и промышленных районов, а также связи этих районов с магистральными улицами общегородского значения и скоростными дорогами	80
в) дороги грузового движения	Предназначены для перевозки промышленных и строительных грузов вне зоны жилой застройки, между промышленными и коммунально-складскими зонами города. Размещаются, как правило, на территориях санитарно-защитных зон, на землях, не удобных для жилой застройки	80

1	2	3
Улицы и дороги местного значения		
а) жилые улицы	Предназначены для транспортной и пешеходной связи жилых микрорайонов, кварталов или отдельных групп зданий с магистральными улицами районного значения	80
б) дороги промышленных и коммунально-складских районов	Предназначены для транспортной и пешеходной связи промышленных предприятий и складов с магистральными улицами, а также для обеспечения связи с дорогами грузового движения	60
в) проезды	Предназначены для транспортной связи внутри микрорайонов, а также для подъезда к отдельным объектам промышленных районов. Проезды делятся на основные и второстепенные. <i>Основные</i> – ответвления от городских улиц в направлении крупных зданий или групп зданий. <i>Второстепенные</i> – ответвления от основных проездов в направлении отдельных зданий или небольших групп зданий	30
г) пешеходные улицы и дороги	Предназначены для движения в жилых микрорайонах, парках, зонах отдыха, а также для связи с местами труда и отдыха, общественными центрами, пунктами культурно-бытового обслуживания, остановками общественного транспорта	60
д) поселковые улицы	Предназначены для транспортного в пешеходного движения внутри поселков, а также для связи с производственными районами и загородными автодорогами	60
е) поселковые дороги	Предназначены для транспортной связи между селитебной и производственной зонами, промышленным и коммунально-складскими зонами, а также в пределах этих зон	
<i>Примечание.</i> Расчетная скорость движения на магистральных улицах общегородского значения принята 100 км/ч при непрерывном движении и 80 км/ч при регулируемом движении		

Скоростные дороги проектируются в крупных и крупнейших городах по направлениям наиболее интенсивных транспортных потоков в обход центральных и жилых районов с обеспечением высокой скорости и безопасности движения. Они должны проходить по обособленным зонам и быть полностью изолированы от городской застройки, местного движения и пешеходов. Пересечения скоростных дорог с другими улицами и дорогами, а также с пешеходными переходами должны осуществляться в разных уровнях.

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

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

Пешеходное движение полностью изолируется, а пропуск пешеходов через скоростные дороги устраивается только в разных уровнях.

Трасса скоростных дорог проектируется с радиусами кривых в плане по оси проезжей части не менее 600 м при рекомендуемой их величине в 3000...5000 м. Наибольшие допускаемые продольные уклоны 0,04 (или 40 ‰), а при интенсивном движении грузового транспорта – 30 ‰. Расчетные размеры движения на городских скоростных дорогах составляют 3000-4000 и более автомобилей (приведенных к легковым) в сутки.

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

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

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

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

Магистральные улицы общегородского значения с непрерывным движением транспорта должны обеспечивать в соответствии с расчетными перспективными потоками пропуск 2000-3000 автомобилей в час в одном направлении.

Магистральные улицы районного значения связывают между собой два или несколько жилых районов города, группы промышленных предприятий или отдельные предприятия с несколькими жилыми районами или ведут в зону отдыха местного значения. Магистрали районного значения характеризуются размерами движения от 300 до 1500 приведенных автомобилей в час.

Расчетные скорости движения для магистралей районного значения 80 км/ч, максимальные продольные уклоны 60 ‰, минимальные радиусы кривых в плане 250 м.

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

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

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

Улицы и дороги местного движения, в зависимости от его грузонапряженности и от протяженности дорог, могут быть как с регулируемым, так и не регулируемым транспортным и пешеходным движением. Ширину городских улиц в пределах красных линий назначают: для магистральных улиц общегородского значения с непрерывным движением транспорта – 75 м, с регулируемым движением – 60 м (в малых и средних городах ширину улиц между красными линиями допускается уменьшать до 45 м), для магистральных улиц районного значения – 35 м, жилых улиц при многоэтажной застройке – 25 м, при одноэтажной застройке и закрытом водоотводе – 15 м.

Жилые улицы служат для транспортной и пешеходной связи микрорайонов и жилых кварталов с магистральными улицами. Размеры движения на них зависят от величины соответствующих микрорайонов и составляют 100...200 приведенных автомобилей в час. Маршруты пассажирского транспорта по жилым улицам обычно не проходят. Расчетные скорости до 60 км/ч. Непосредственно к жилым улицам примыкают проезды, ведущие к отдельным зданиям или группам зданий.

В жилых и промышленных районах городов и других населенных пунктов, перед вокзалами, рынками и магазинами, возле театров, стадионов, общественных зданий и сооружений часто устраивают площади для транспортного и пешеходного движения. В городах, расположенных по берегам рек или морей, сооружают набережные с проезжей частью, тротуарами. Они обычно застроены лишь с одной стороны, а со стороны берега остаются свободными от застройки. Набережные часто используются для движения транзитного транспорта; они могут также служить местом отдыха горожан. Набережные пересекаются с другими улицами и дорогами в местах прохождения мостов, переброшенных через реки. Эти пересечения обычно осуществляют в разных уровнях береговыми пролетами. На набережных, в местах скопления пешеходов (у пляжей, речных причалов и т. д.) устраивают подземные переходы.

В городах и других населенных пунктах, где имеются крупные предприятия (заводы, фабрики, электростанции), прокладывают дороги промышленных предприятий, которые разделяются на подъездные и внутренние.

Подъездные дороги соединяют промышленные предприятия с материально-техническими и сырьевыми базами, с производствами и цехами, расположенными вне территории основного предприятия, а также с железнодорожными станциями, пристанями и автодорогами общей сети. Подъездные дороги служат для технологических перевозок и вывоза с предприятия готовой продукции.

Внутренние дороги расположены на территории предприятия и предназначены для всевозможных внутренних перевозок.

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

Пешеходные дороги устраиваются в микрорайонах, жилых районах, общественных и торговых центрах, парках, лесопарках, зонах отдыха, выставках, спортивных комплексах и других местах концентрации пешеходов. В последние годы в градостроительстве определилось стремление к максимальной изоляции пешеходов от путей движения транспорта. Пешеходные дороги предлагается прокладывать не в виде тротуаров вдоль проезжих частей, а по самостоятельным направлениям, выходящим к пунктам культурно-бытового обслуживания и остановкам общественного транспорта, а также по специальным аллеям или пешеходным улицам. Максимальный продольный уклон для тротуаров и пешеходных дорог составляет 80 ‰, однако следует их трассировать, как правило, с уклонами не более 60 ‰.

При построении генерального плана города основным принцип сочетания улиц разных категорий заключается в последовательном примыкании (или пересечении) улиц, проездов и дорог низших категорий к улицам более высокой категории (на один класс). Так, проезды, как правило, должны примыкать к жилым улицам, жилые улицы – к магистральным улицам районного значения, районные магистрали – к магистральным улицам общегородского значения, а последние – к скоростным или внегородским дорогам. Кроме улиц и дорог, указанных в принятой классификации, часто в планировке городов выделяются улицы специального назначения (например, главные и торговые улицы, набережные, парковые дороги).

Торговые улицы небольшой протяженности предназначены для интенсивного пешеходного движения большого количества посетителей торговых предприятий. Транспортное обслуживание магазинов изолируется от пешеходного движения и осуществляется обычно с другой стороны зданий, где размещаются остановки пассажирского транспорта и автостоянки. Торговые улицы могут специально не выделяться, а входить в состав главных улиц.

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

Парковые дороги предназначены для транспортной связи с лесопарками, городскими парками, курортами, зонами отдыха.

Парковые дороги служат для движения маршрутов пассажирского транспорта и легковых автомобилей, а также велосипедистов по специальным дорожкам. Движение пешеходов проектируется по самостоятельным направлениям или по аллеям вдоль парковых дорог.

1.3 Внегородские дороги

Современные города являются, как правило, узлами автомобильных дорог общей сети страны, связывающими их между собой и с прилегающей пригородной зоной. Категории дорог (при наличии данных) допускается назначать в соответствии с наибольшей перспективной часовой интенсивностью движения.

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

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

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

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

Таблица 1.3 – Допустимые нормы проектирования автомобильных дорог

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

Во всех случаях, когда по условиям местности представляется возможным и это не вызывает существенного увеличения объемов и стоимости работ, в проектах следует принимать: продольные уклоны не более 30 ‰, расстояние видимости для остановки автомобиля – не менее 450 м, радиусы кривых в плане не менее 3000 м, радиусы кривых в продольном профиле выпуклых не менее 70000 м, а вогнутых – не менее 8000 м. Переломы проектной линии в продольном профиле при алгебраической разности уклона 5 ‰ и более на дорогах I и II категорий, 10 ‰ и более на дорогах III категории и 20 ‰ и более на дорогах IV и V категорий следует сопрягать кривыми.

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

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

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

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

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

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

Переходно-скоростные полосы следует предусматривать на пересечениях и примыканиях в одном уровне в местах съездов на дорогах I – III категорий, в том числе к зданиям и сооружениям, располагаемым в придорожной зоне: на дорогах I категории при интенсивности 50 прив. ед./сут. и более съезжающих или въезжающих на дорогу (соответственно для полосы торможения или разгона); на дорогах II и III категорий – при интенсивности 200 прив. ед./сут. и более. Длина переходно-скоростных полос для различных категорий дорог и режимов движения приведена в таблице 1.4.

Таблица 1.4 – Длина переходно-скоростных полос проезжей части

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

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

1.4 Основные требования к автомобильным дорогам

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

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

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

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

Таблица 1.3 – Характеристика внегородских дорог

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

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

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

- на дорогах I-а категории с автомобильными дорогами всех категорий;
- на дорогах I-б и II категорий с дорогами II и III категорий;
- при пересечениях дорог III категории между собой и их примыканиях при перспективной интенсивности движения на пересечении (в сумме для обеих пересекающихся или примыкающих дорог) более 8000 привед. авт./сут.

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

На дорогах I-б и II категорий при соответствующем технико-экономическом обосновании допускается устройство примыканий дорог III категории в одном уровне (при обязательном отгоне левоповоротных направлений движения).

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

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

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

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

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

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

- при песчаных, супесчаных и легких суглинистых грунтах - на протяжении 100 м;
- черноземах, глинистых, тяжелых и пылеватых суглинистых грунтах - на протяжении 200 м.

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

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

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

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

- на дорогах II, III категорий - при интенсивности движения 200 привед. авт./сут и более.

Длина переходно-скоростных полос для разных категорий дорог и режимов движения приведена в таблице 1.4.

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

При значительных размерах пересадочных потоков пассажиров или при параллельном направлении магистралей целесообразно устраивать объединенные вокзалы автобусного, железнодорожного, водного или воздушного сообщений. В составе автовокзала предусматривают зал ожидания для пассажиров, буфет, санузел, гостиницу, почту, помещение для багажа, площадки для посадки и высадки пассажиров, административное помещение, диспетчерскую, гаражи, помещения для мойки, технического обслуживания и мелкого ремонта автобусов, бензозаправочную станцию.

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

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

Таблица 1.4 – Длина переходно-скоростных полос для разных категорий дорог и режимов движения

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

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

2 ЭЛЕМЕНТЫ ДОРОГИ И ДОРОЖНЫЕ СООРУЖЕНИЯ

2.1 Элементы автомобильной дороги

Кратчайшим расстоянием между двумя соединяемыми пунктами является прямая линия, и поэтому наиболее целесообразно для движения транспорта и прокладки подземных сетей прямолинейное начертание улицы. При планировке уличной и дорожной сети возникает, однако, необходимость обхода естественных препятствий, водных пространств, железных дорог, оврагов или возвышенностей, существующих зданий и сооружений. Прямолинейные улицы и дороги большого протяжения создают однообразные монотонные условия движения и утомляют водителей. На сложном рельефе, в гористой местности неизбежно приходится применять извилистые трассы улиц и дорог. Изменение направления улицы и дороги определяется внешним углом поворота между смежными участками. Для обеспечения плавного поворота транспорта смежные прямолинейные отрезки улицы и дороги сопрягаются между собой криволинейными участками, описанными по дуге окружности заданного радиуса.

Радиусы кривых принимаются в зависимости от назначения улицы или дороги, расчетной скорости движения, характера рельефа и застройки.

Условия движения транспорта на кривых участках улиц и дорог ухудшаются по ряду причин. При движении по кривой уменьшается устойчивость автомобиля, так как возникает центробежная сила, действующая во внешнюю сторону и стремящаяся опрокинуть автомобиль (или какую-либо другую транспортную единицу) и вызвать поперечное скольжение.

Дорога должна быть запроектирована так, чтобы водитель видел лежащий перед ним участок достаточной длины и мог заметить препятствие, лежащее на пути, объехать его или остановить автомобиль. Длина такого участка называется **расстоянием видимости**. Для каждой категории дороги установлены расчетные расстояния видимости (см. табл. 1.3) и расчетные скорости (табл. 2.1).

Таблица 2.1 – Расчетные скорости движения дорог

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

При проложении автомобильной дороги в горной местности для преодоления крутых подъемов и спусков устраивают особые сложные закругления с большим углом поворота, называемые ***серпантинами***.

Безопасность движения на кривой снижается вследствие ухудшения удобства управления автомобилем и уменьшения видимости пути впереди водителя. С увеличением скорости движения транспорта увеличивается расстояние, проходимое с момента обнаружения водителем препятствия до момента остановки. Поэтому с ростом скорости должны увеличиваться расстояние видимости в плане и, следовательно, радиус кривой поворота.

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

Полосу местности, на которой размещаются указанные сооружения, называют дорожной полосой или полосой отвода. С целью экономии земли стремятся назначать минимально возможную ширину полосы отвода с учетом категорий дороги. Она служит для размещения всех сооружений и обустройств транспортного и дорожного обслуживания дорог.

На дорогах с интенсивным движением для устранения помех свободному проезду автомобилей с большой скоростью в ряде случаев параллельно основной дороге устраивают отдельные пути для гужевого и тракторного транспорта, для велосипедистов; тротуары и пешеходные дорожки; подземные и надземные переходы. На современных скоростных автомобильных дорогах встречные потоки движения, как правило, разделяют полосой земли, устраивая две проезжие части; в отдельных случаях они могут быть размещены на расстоянии одна от другой. В местах пересечения с другими автомобильными или железными дорогами строят путепроводы и эстакады.

Для защиты от снежных заносов, а также с декоративными целями вдоль дорог сажают деревья и кустарники. Для создания безопасных условий движения транспортных средств и ориентировки водителей устанавливают дорожные знаки и ограждения.

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

Проекты дороги выполняются в трех проекциях: поперечном профиле, плане и продольном профиле.

2.2 Элементы дороги в поперечном профиле

Поперечным профилем называют представленное на чертеже сечение дороги вертикальной плоскостью, проведенной перпендикулярно к продольной оси дороги.

Основные параметры поперечного профиля дороги приведены в таблице 2.2.

Таблица 2.2 – Основные параметры поперечного профиля дороги

Параметры элементов дороги	Категория дороги					
	I-a	I-б	II	III	IV	V
Число полос движения	4; 6; 8	4; 6; 8	2	2	2	1
Ширина полосы движения, м	3,75	3,75	3,75	3,5	3	-
Ширина проезжей части, м	2×7,5	2×7,5	7,5	7	6	4,5
	2×11,25	22×11,25				
	2×15	2×15				
Ширина обочин, м	3,75	3,75	3,75	2,5	2	1,75
Наименьшая ширина укрепленной полосы обочины, м	0,75	0,75	0,75	0,5	0,5	-
Наименьшая ширина разделительной полосы между разными направлениями движения, м	6	5	-	-	-	-
Наименьшая ширина укрепленной полосы на разделительной полосе, м	1	1	-	-	-	-
Ширина земляного полотна, м	28,5; 36;	27,5; 35;	15	12	10	8
	43,5	42,5				

В зависимости от рельефа местности дороги размещают выше поверхности земли, в насыпи или ниже ее поверхности, в выемке (рис. 2.1).

Полоса поверхности дороги, в пределах которой происходит движение автомобилей, называется **проезжей частью**. Проезжую часть укрепляют различными материалами, создавая на всем ее протяжении дорожную одежду в виде прочной слоистой конструкции определенной толщины.

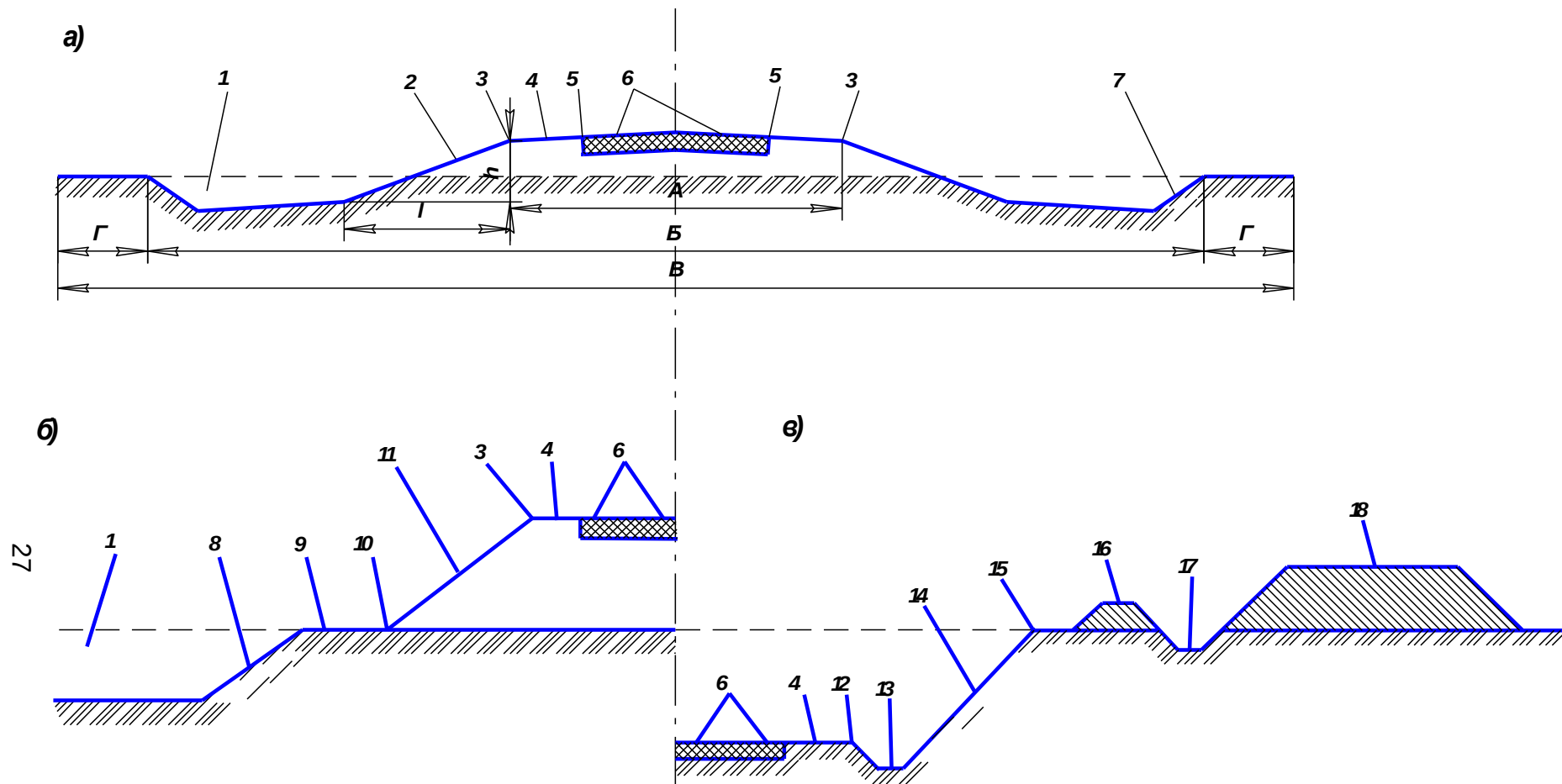


Рисунок 2.1 – Основные элементы дороги в поперечном профиле:

а – дороги на невысокой насыпи; б – дороги на высокой насыпи; в – дороги в выемке; А – дорожное полотно; Б – земляное полотно; В – полоса отвода; Г – обрез; 1 – резерв; 2 – откос; 3 – бровка насыпи; 4 – обочина; 5 – кромка проезжей части; 6 – проезжая часть; 7 – внешний откос резерва; 8 – откос; 9 – берма; 10 – подошва откоса насыпи; 11 – откос насыпи; 12 – нижняя бровка выемки; 13 – боковая канава; 14 – откос выемки; 15 – верхняя бровка выемки; 16 – банкет; 17 – забанкетная канава; 18 – кавальер; h – высота откоса; l – заложение откоса

Проезжая часть должна занимать строго определенное положение, иметь размеры и геометрическое очертание, соответствующее требованиям дорожного движения, достаточно прочную и ровную поверхность.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Центральные разделительные полосы могут возвышаться над проезжей частью или располагаться в одном с ней уровне с выделением двумя параллельными линиями разметки, нанесенными на дорожное покрытие белой краской.

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

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

На скоростных дорогах, а также на магистральных улицах общегородского значения с интенсивным движением и фронтальной застройкой проезжие части местного движения отделяются от основных проезжих частей транзитного движения разделительными полосами шириной не менее 3 м на скоростных дорогах и магистралях с непрерывным движением и 6 м на магистральных улицах общегородского значения с регулируемым движением.

Прилегающие к проезжей части полосы называют **обочинами**. Обочины создают боковой упор для дорожной одежды; их используют для временной стоянки автомобилей, а также дорожных машин при ремонте дороги и для размещения ремонтных дорожно-строительных материалов.

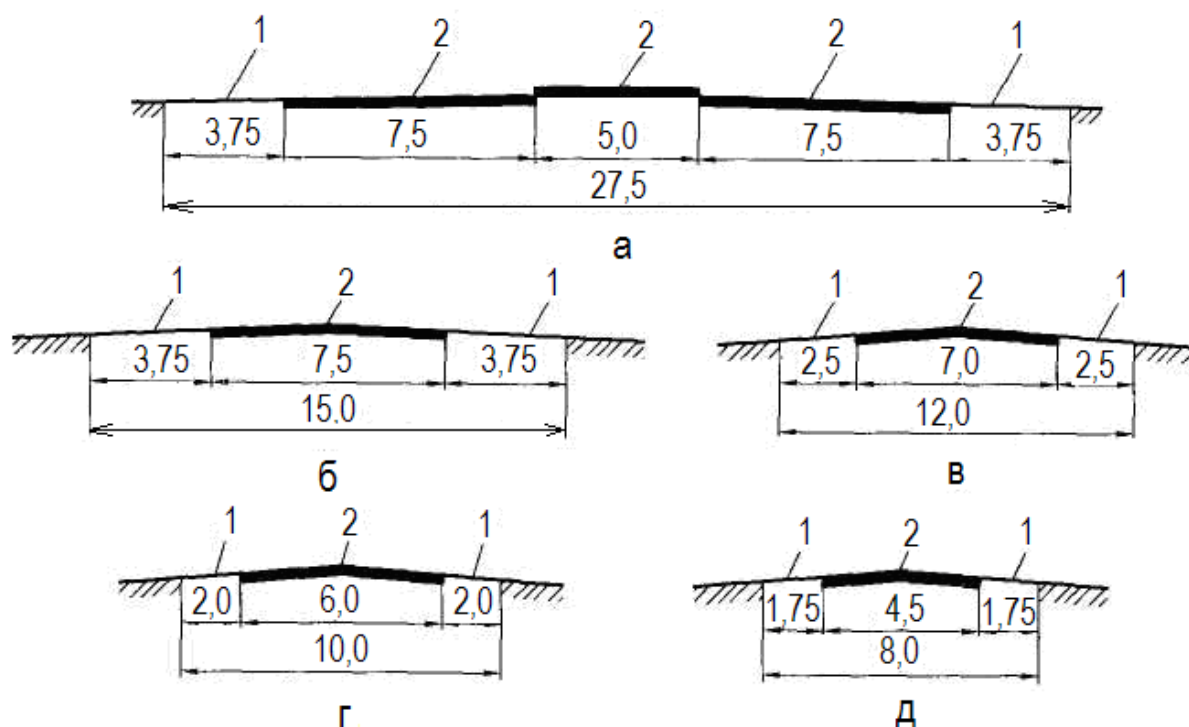


Рисунок 2.2 – Типовые поперечные профили автомобильных дорог (размеры даны в метрах):
а - дороги I категории; б - дороги II категории; в - дороги III категории;
г - дороги IV категории; д - дороги V категории; 1 - обочины;
2 - дорожная одежда проезжей части

Проезжую часть дороги располагают на земляном полотне, которое выравнивает профиль местности, обеспечивает устойчивость дорожной одежды, содействует скорейшему отводу воды и предохраняет от действия других неблагоприятных факторов.

Земляное полотно – сооружение, на котором расположена проезжая часть дороги. В зависимости от рельефа местности земляное полотно устраивают в насыпях или в выемках.

Кроме насыпей и выемок, земляное полотно включает в себя боковые канавы и резервы, из которых берут грунт для устройства насыпей.

Избыточный грунт, укладываемый из выемок в валы, называется **кавальерами**.

Насыпи сооружают при переходах дороги через лощины, овраги, болота и другие пониженные места, на подходах к мостам, а также в пониженных местах трассы для уменьшения большого естественного продольного уклона.

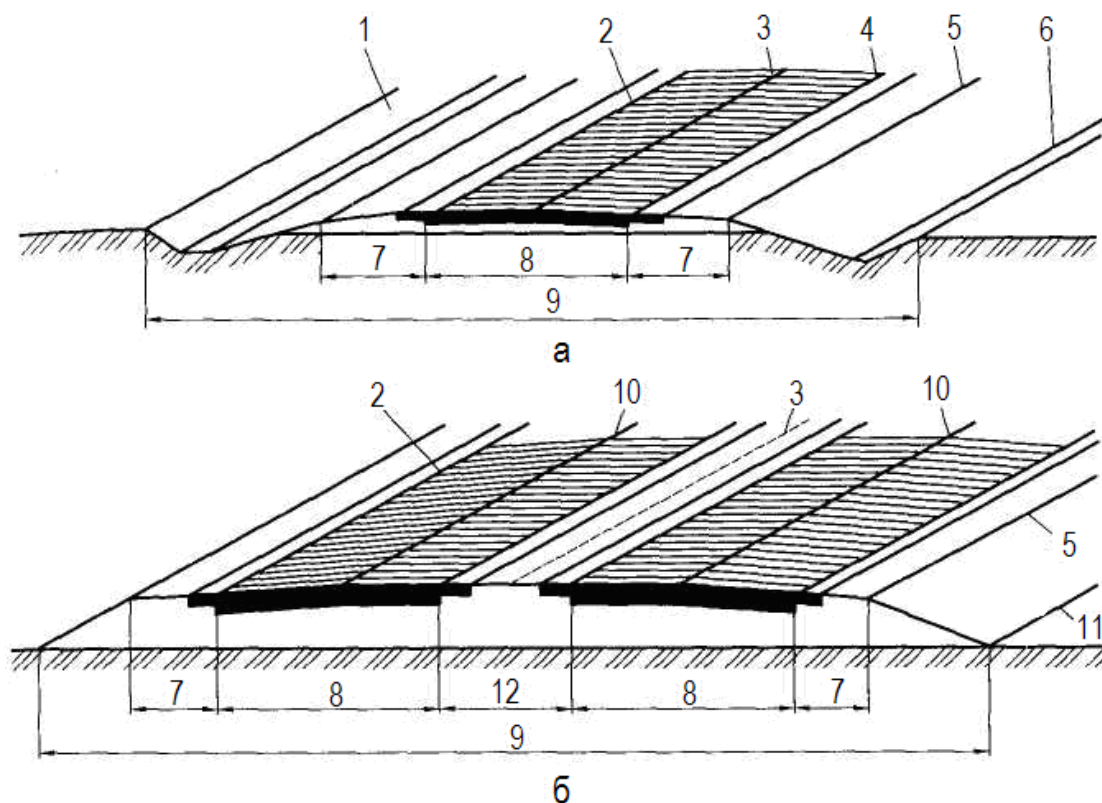


Рисунок 2.3 – Элементы поперечного профиля автомобильной дороги:
 а – с одной проезжей частью; б – с двумя проезжими частями
 и разделительной полосой; 1 – внешний откос канавы; 2 – краевая
 укрепительная полоса; 3 – ось дороги; 4 – кромка проезжей части;
 5 – бровка насыпи; 6 – внутренний откос; 7 – обочина;
 8 – проезжая часть; 9 – земляное полотно; 10 – ось проезжей части;
 11 – откос насыпи; 12 – разделительная полоса

Выемки устраивают обычно на возвышенных участках трассы для смягчения естественного уклона местности и создания плавного продольного профиля дороги.

Для большей прочности проезжую часть укрепляют, устраивая ее из прочных строительных материалов. Такие материалы, уложенные на проезжую часть, называют **дорожной одеждой**.

Дорожная одежда воспринимает усилия от транспортных средств и передает их на земляное полотно. Дорожная одежда должна быть прочной и долговечной. Верхний слой дорожной одежды называют **покрытием**. Оно должно быть ровным и шероховатым – для спокойной езды и хорошего сцепления колес с покрытием.

К проезжей части с двух сторон примыкают **обочины**. Их используют для остановок автомобилей, во время строительства и ремонта дорожной одежды и для складывания дорожно-строительных материалов. Обочины используют также для уширения проезжей части при реконструкции дороги. Они должны иметь поперечный уклон для стока воды.

Расположенные за обочинами канавы, или **кюветы**, служат для отвода воды от дороги и прилегающей местности.

Если рядом с выемкой имеется насыпь, ее можно отсыпать из грунта, вынутого из соседней выемки. В тех случаях, когда грунт из выемки не помещается в соседнюю насыпь, излишки его складываются в стороне от дороги в кавальер.

Не скрытые и не засыпанные участки земли на полосе отвода называют **обрезами**. Обрезы используют для различных эксплуатационных целей или для устройства запасного грунтового пути.

На дорогах с большой интенсивностью для безопасного движения автомобилей между отдельными полосами проезжей части устраивают разделительные полосы. Разделительные полосы из зеленых насаждений предусматривают на дорогах высших категорий (например, I категории) (рис. 2.4).

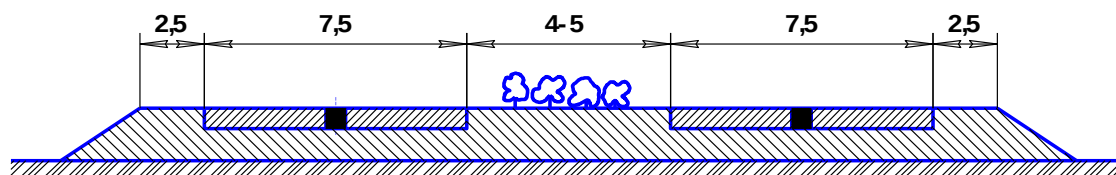


Рисунок 2.4 – Автомобильная дорога с разделительной полосой

Запасные пути устраивают для того, чтобы не повредить проезжей части дороги. Такой путь служит для проезда тракторов, сельскохозяйственных и других тихоходных машин, гужевого транспорта, а иногда для прогона скота. Запасные пути обычно не имеют твердого покрытия. В случае пересечения запасными путями водотоков устраивают низководные (затопляемые) мосты или делают въезды и съезды на мост, расположенный на основной дороге. Запасные пути используют также для пропуска автомобильного транспорта во время ремонта или реконструкции дороги.

Ширину проезжей части дороги принимают с учетом количества полос движения, скорости и вида транспортных средств.

Количество полос назначают в зависимости от интенсивности и состава движения. Для дорог I категории установлено не менее четырех полос движения, дорог II-IV категорий – по две полосы, а для дорог V категории – одна полоса шириной 4,5 м.

При определении ширины проезжей части скорость легковых автомобилей принимают равной расчетной, а грузовых – по наибольшей скорости грузового автомобиля. Ширину проезжей части определяют с учетом движения легковых и грузовых автомобилей.

В зависимости от количества полос движения на дороге могут быть три расчетные схемы движения автомобилей: а – по одной полосе на однополосной проезжей части; б – встречное на двухполосной проезжей части; в – обгон легковым автомобилем грузового (на дорогах I категории, рис. 2.5).

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

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

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

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

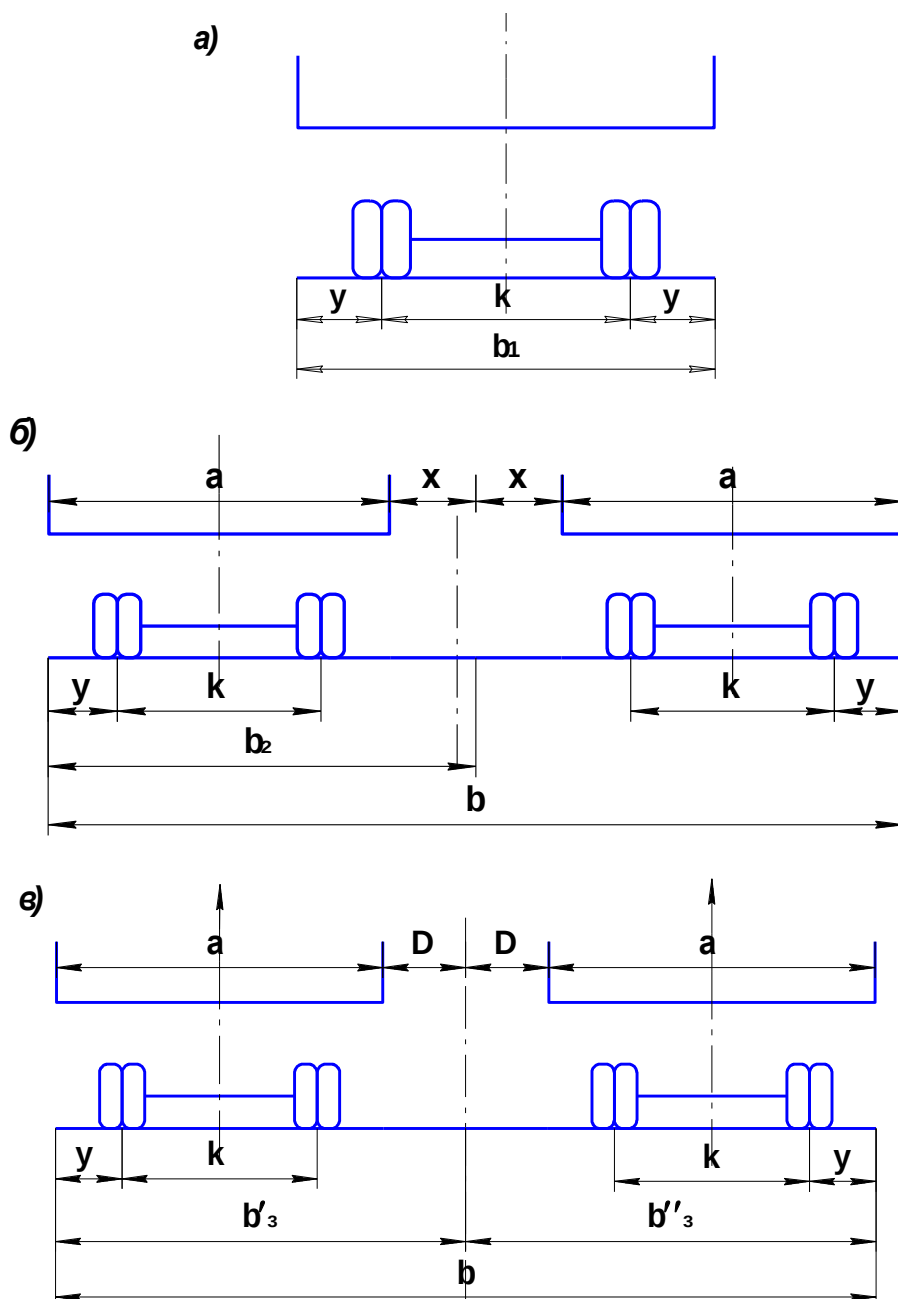


Рисунок 2.5 – Схема для расчета ширины проезжей части:
 а – по одной полосе на однополосной проезжей части;
 б – встречное на двухполосной проезжей части;
 в – обгон легковым автомобилем грузового

Свободную ширину тротуаров следует принимать не менее следующих значений:

- 4,5 м на магистральных улицах общегородского значения;
- 3 м на магистралях районного значения;
- 2,25 м на жилых улицах;
- 1,5 м на дорогах местного значения промышленных и коммунально-складских районов, а также местных проездах.

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

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

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

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

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

Ширина проезжей части дорог и другие размеры для трех схем движения (по данным проф. М.С. Замахаева) приведены ниже.

Первая схема (однопутное движение) показана на рисунке 2.5, а.

В этом случае ширина проезжей части:

$$b_1 = k + 2 \cdot y, \quad (2.1)$$

$$y = 0,5 + 0,005 \cdot v, \quad (2.2)$$

где k – ширина колеи автомобиля;

y – зазор между серединой крайнего колеса и кромкой проезжей части;

v – скорость движения автомобиля, км/ч.

Ширина полосы для *второй схемы* (двухпутное встречное движение) (рис. 2.5, б) определяется из выражения:

$$b_2 = y + \frac{k}{2} + \frac{a}{2} + x, \quad (2.3)$$

или

$$b_2 = \frac{a+k}{2} + x + y, \quad (2.4)$$

где a – ширина автомобиля;

x – зазор между краем кузова и краем полосы со стороны встречного движения.

Ширина двухполосной проезжей части составит:

$$b = 2 \cdot b_2 = a + k + 2 \cdot (x + y). \quad (2.5)$$

По *третьей схеме* (обгон) (рис. 2.5, в) ширина полосы составит:

$$b_3 = \frac{a+k}{2} + D + y, \quad (2.6)$$

$$D = 0,35 + 0,005 \cdot v, \quad (2.7)$$

где D – зазор между краем кузова и краем полосы движения со стороны обгона, м.

Поскольку в данной схеме рассматривается движение легковых и грузовых автомобилей в одном направлении, едущих с разными скоростями, общая ширина проезжей части будет складываться из ширины полос легкового автомобиля b'_3 и грузового автомобиля b''_3 .

Следовательно,

$$b = b'_1 + b''_3. \quad (2.8)$$

Ширина земляного полотна B определяется по формуле:

$$B = b + 2 \cdot c + p, \quad (2.9)$$

где b – ширина проезжей части;

c – ширина обочины;

p – ширина разделительной полосы, м.

Поперечный профиль проезжей части проектируют так, чтобы обеспечить сток воды с поверхности дорожного покрытия, безопасное движение и наименьший износ автомобилей.

Односкатный профиль проезжей части дороги (рис. 2.6, а) устраивают при двух отдельных проезжих частях (например, в городах) и на закруглениях дорог.

Двускатный профиль (рис. 2.6, б) применяют в большинстве случаев на дорогах с твердым покрытием. При таком профиле дороги автомобили могут ездить по своей полосе, что повышает безопасность встречного движения, и дорога более равномерно изнашивается по ширине.

Параболический профиль (рис. 2.6, в) устраивают на широких проезжих частях городских улиц, на грунтовых и гравийных дорогах с серповидным профилем.

Крутизну поперечного профиля проезжей части характеризуют **величиной уклона**, который выражается через тангенс угла наклона прямой линии к горизонтальной плоскости и измеряют в тысячных долях или промиллях (‰).

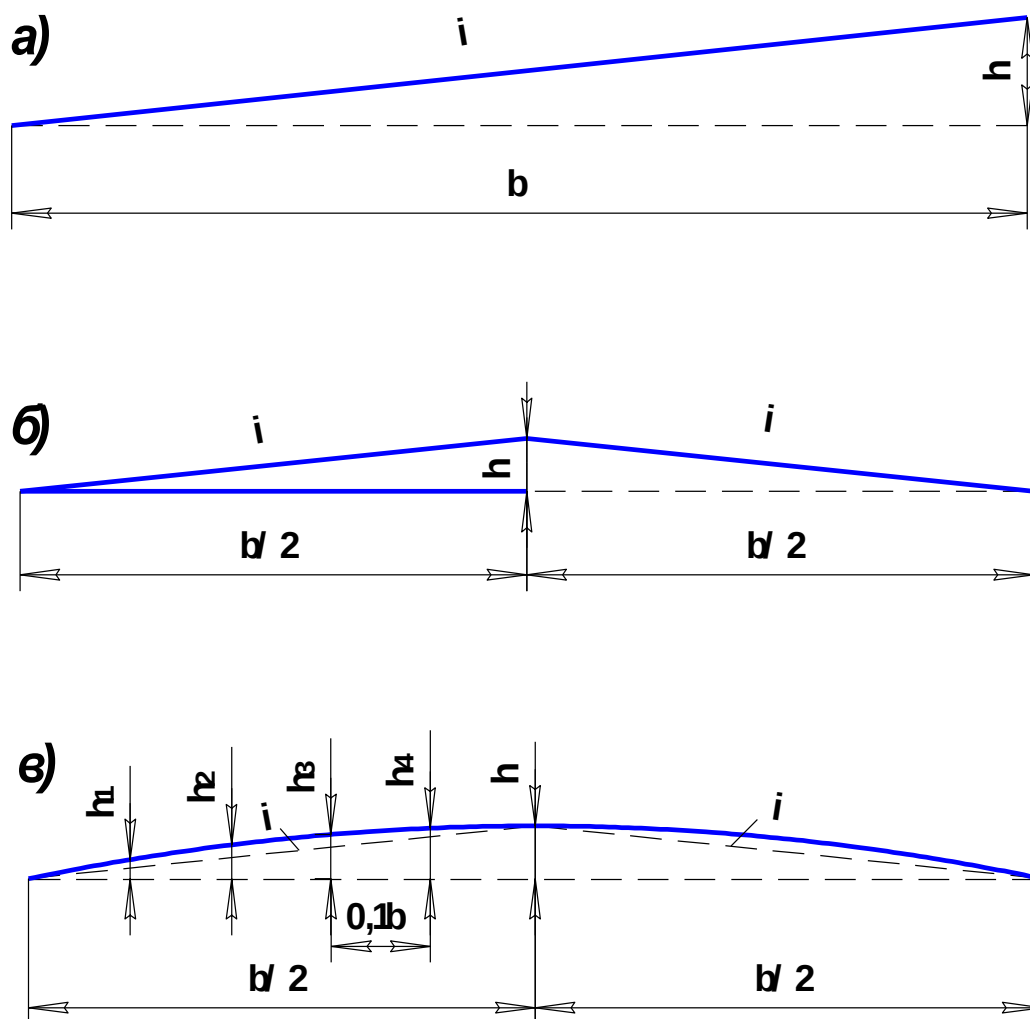


Рисунок 2.6 – Поперечный профиль проезжей части

Величину поперечного уклона проезжей части (и обочин) устанавливают в зависимости от типа покрытия (табл. 2.3).

По установленной ширине проезжей части b и величине поперечного уклона i определяют превышение h (рис. 2.4): для однокатного профиля $h=bi$, для двускатного и параболического профиля $h=bi/2$.

Для параболического очертания определяют превышения промежуточных точек кривой, пользуясь постоянными коэффициентами ($h_1=0,36h$, $h_2=0,64h$, $h_3=0,8h$, $h_4=0,96h$), которые получены из уравнения параболы и являются постоянными при делении ширины проезжей части на 10 равных частей.

Таблица 2.3 – Поперечные уклоны проезжей части

Тип покрытия	Поперечный уклон ‰
Асфальто- и цементобетонное	15...20
Брусчатая и клинкерная мостовая	20...25
Покрытия из щебня (гравия) и других материалов, обработанных органическими вяжущими веществами	20...25
Щебеночное (гравийное)	25...30
Мостовая из булыжного и колотого камня	30...40
Грунтовое, укрепленное местными материалами	30...40

Поперечные уклоны обочин назначают на 10...30 ‰ больше уклонов проезжей части, так как они менее ровны и более водонепроницаемы, чем проезжая часть дороги.

2.3 Элементы дороги в плане

План дороги – графическое изображение ее проекций, в пределах ширины дорожной полосы, на горизонтальную плоскость.

Трассой автомобильной дороги называют ее продольную ось, проложенную на поверхности земли. Поскольку направление дороги в пространстве изменяется (на поворотах, при повышении и понижении местности), трасса представляет собой пространственную линию.

Проектируя трассу на горизонтальную плоскость, получают **план трассы**.

Трасса проектируемой дороги задается двумя или несколькими промежуточными пунктами, через которые должна пройти дорога (основные, опорные точки). Кратчайшим расстоянием между заданными точками является прямая (в плане) линия, которая называется **воздушной линией**. Естественные препятствия, возникающие при проложении трассы на местности, заставляют отклонять трассу от воздушной линии и увеличивать длину дороги.

Препятствия встречаются **контурные** и **высотные**. Примерами **контурных** препятствий являются озера, болота, ценные сельскохозяйственные угодья, заповедники и т. д. **Высотные** препятствия характеризуются значительными возвышениями (например, холмы) или понижениями (овраги, ущелья) местности.

Трассу дороги с интенсивным перспективным движением прокладывают с возможно большим приближением к воздушной линии, так как значительные строительные затраты, связанные с необходимостью преодоления естественных препятствий, компенсируются в короткий срок вследствие снижения транспортных расходов при уменьшении длины пробега автомобилей и сокращении времени перевозок.

План трассы часто состоит из отрезков прямых линий, соединенных между собой кривыми, которые проектируют для обеспечения плавного и безопасного перехода автомобиля с одной прямой на другую, смежную с ней, а также для хорошего сочетания дороги с местным ландшафтом.

Элементы прямых и кривых. Элементами прямого участка трассы являются длина прямой и ее направление. Направление прямой определяется величиной румба, который измеряют горизонтальным углом между северным или южным направлением меридиана и направлением данной линии. Величина румба может колебаться от 0 до 90°. Румбы бывают четырех направлений: северо-восточного, северо-западного, юго-восточного и юго-западного.

Элементы прямой выписывают на плане трассы, причем в числителе указывают длину прямой в метрах, а в знаменателе – величину румба, например,

$$\frac{451}{\text{СВ}37^{\circ}30'} \cdot \quad (2.10)$$

В местах изменения направления трассы намечают углы поворота (рис. 2.7). Для удобства движения транспортных средств при повороте трассы дорогу строят по круговой кривой. Элементами круговой кривой являются: радиус **R**, угол поворота **a**, длина **K=АЕС**, тангенс **T=АВ=ВС**, биссектриса **Б=ВЕ**, домер **Д=2Т–К**. По заданному радиусу и измеренному углу поворота находят остальные элементы круговой кривой.

Таблица 2.4 – Длина переходных кривых

Радиус круговой кривой, м	Длина переходной кривой, м	Радиус круговой кривой, м	Длина переходной кривой, м
30	30	250	80
50	35	300	90
60	40	400	100
80	45	500	110
100	50	600–1000	120
150	60	1000–2000	100
200	70		

На автомобильных дорогах применяют три вида переходных кривых:

радиоиду $\rho = C/s$; (2.11)

кубическую параболу $\rho = C/x$; (2.12)

лемнискату $\rho = C/a$, (2.13)

где ρ – радиус кривизны в данной точке кривой;

C – параметр (постоянная величина);

s – длина переходной кривой до данной точки (M);

x – абсцисса данной точки переходной кривой;

a – кратчайшее расстояние между началом переходной кривой данной точки (рис. 2.8).

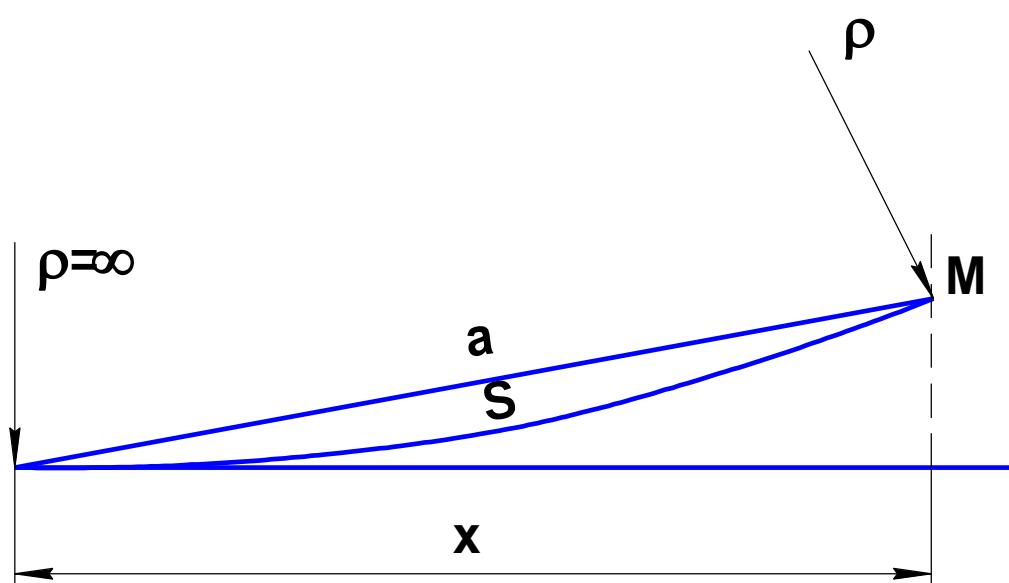


Рисунок 2.8 – Элементы переходных кривых

Из переходных кривых наиболее распространена на автомобильных дорогах *радиоиды* (клотоиды). Ее траектория соответствует равномерному поступательному движению автомобиля при вращении руля с одинаковой угловой скоростью. Кубическую параболу можно применять при небольших углах поворота переходной кривой (до 24°).

Лемнискату Бернулли применяют при малых радиусах и больших углах поворота.

Закругление с переходными кривыми состоит из двух переходных кривых и круговой кривой между ними. Такое округление называют *составной кривой* (рис. 2.9). Ее можно применить тогда, когда угол поворота α равен или больше суммы углов поворота переходных кривых, т. е. $\alpha \geq 2\varphi$. При $\alpha = 2\varphi$ длина круговой кривой равна нулю, а две переходные кривые смыкаются друг с другом.

Зная радиус R и длину переходной кривой L , по таблицам и формулам можно рассчитать элементы составной кривой.

Тангенс составной кривой определяют по формуле:

$$T_n = TA = x_0 + y_0 \cdot \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}. \quad (2.14)$$

Биссектриса составной кривой определяют по формуле:

$$B_n = AO - R = \frac{y_0}{\cos \frac{\alpha}{2}} - R. \quad (2.15)$$

Центральный угол круговой кривой:

$$\gamma = \alpha - 2\varphi. \quad (2.16)$$

Длина круговой кривой:

$$K_n = \frac{\pi \cdot R \cdot \gamma}{180^\circ}. \quad (2.17)$$

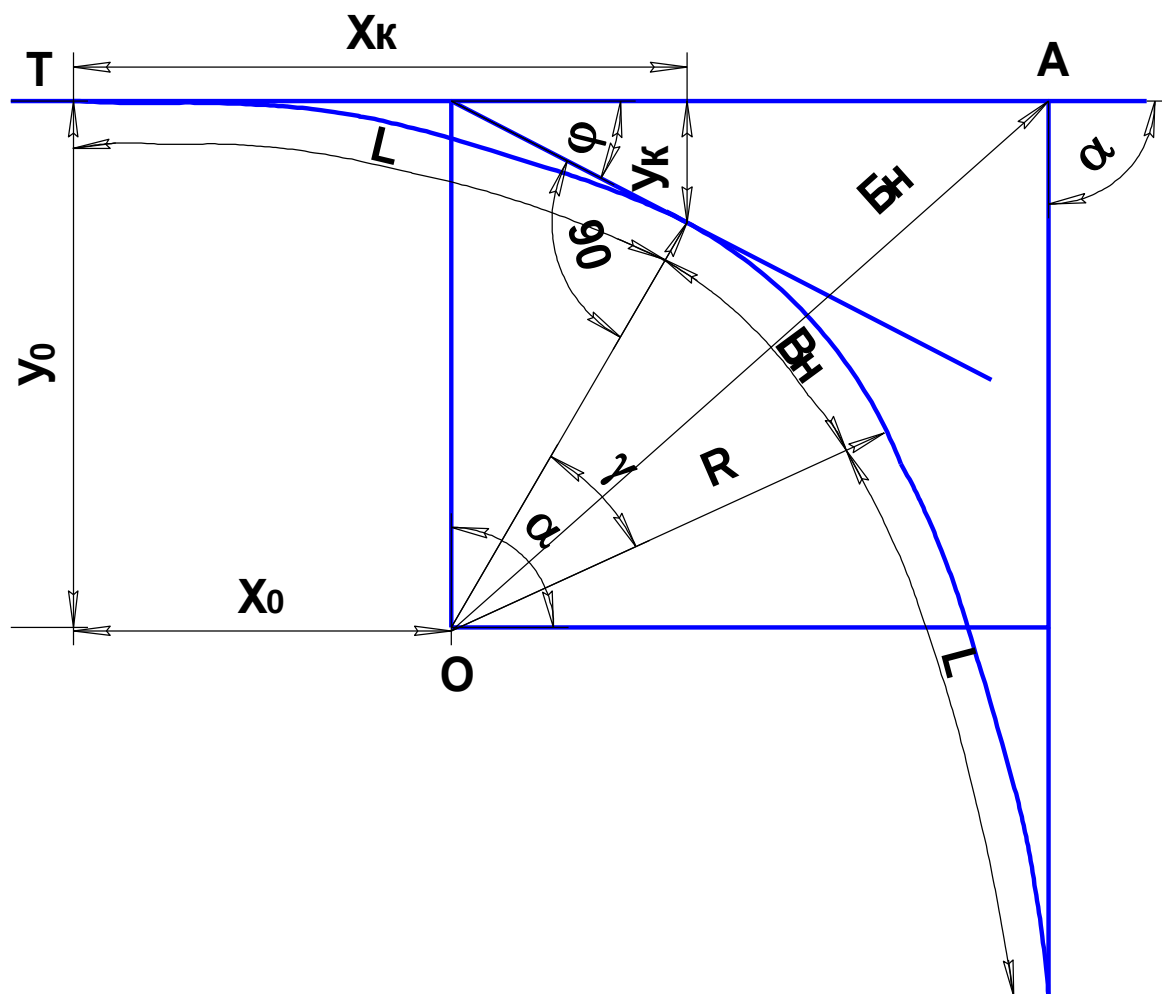


Рисунок 2.9 – Составная кривая

Закругления автомобильной дороги в плане. На криволинейных участках трассы условия движения автомобиля ухудшаются. При переходе на кривую автомобиль подвергается действию боковой центробежной силы. При этом устойчивость и безопасность движения понижаются, воздействие же поперечной силы повышает утомляемость пассажиров. Чем выше скорость движения и меньше радиус кривой, тем сильнее проявляется неблагоприятное действие центробежной силы.

Движение будет безопасным, если исключена возможность заноса и имеется достаточная видимость на дороге. Удобство обеспечивается плавностью движения автомобиля, при которой пассажиры и водитель не испытывают действия центробежной силы.

Для решения этих задач необходимо рассмотреть движение автомобиля по кривой при заданной скорости. Предположим, на закруглении имеется вираж, т. е. односкатный уклон проезжей части, с подъемом в сторону действия центробежной силы (рис. 2.10).

По этому виражу автомобиль движется со скоростью v м/сек. На автомобиль действуют вес Q и центробежная сила C . Разложим эти силы на составляющие, перпендикулярные и параллельные плоскости виража. Суммируя все силы на поверхности виража, получим величину поперечной силы, которая будет равна:

$$Y = C \cdot \cos \alpha - Q \cdot \sin \alpha, \quad (2.18)$$

где C – центробежная сила, Н;

Q – вес, действующий на автомобиль, Н;

α – угол наклона виража, град.

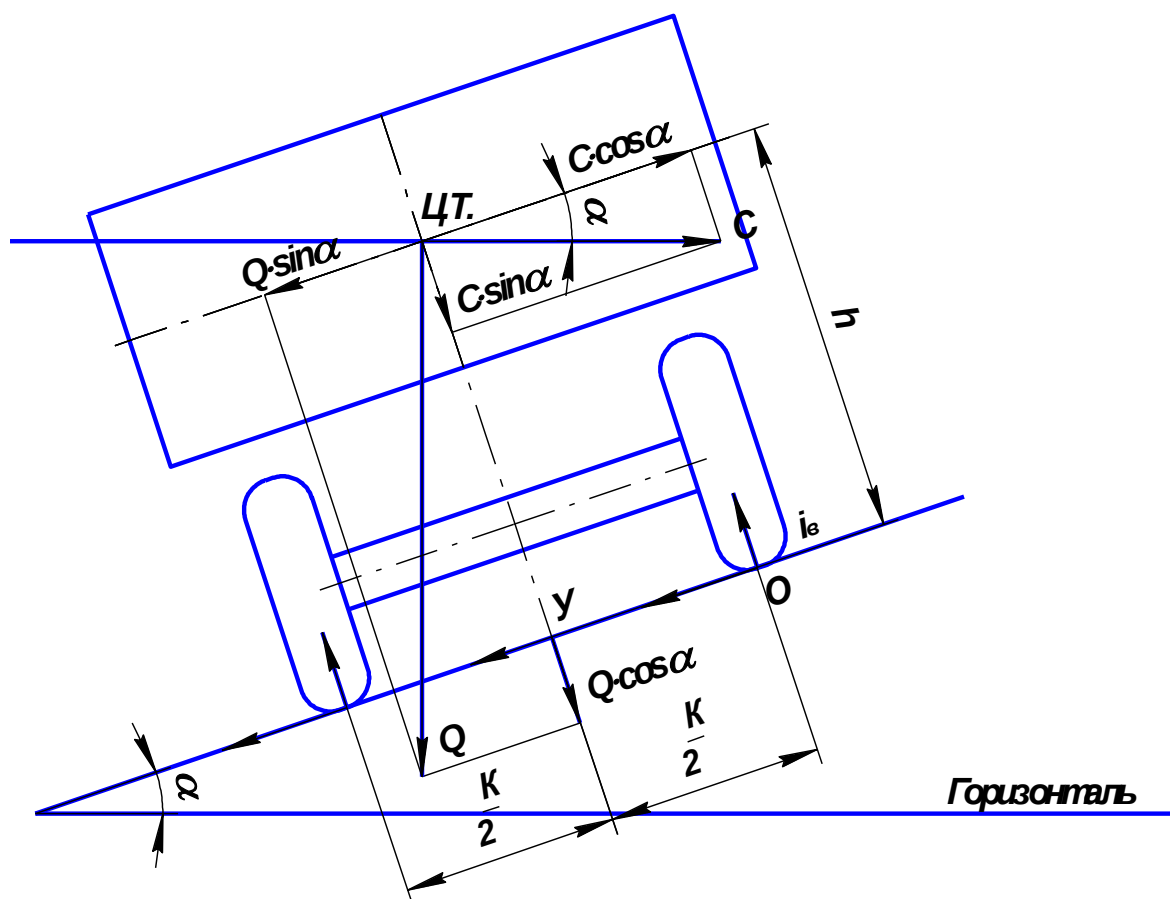


Рисунок 2.10 – Силы, действующие на автомобиль при движении по виражу

Заменяя $c = \frac{Q \cdot v}{g \cdot R}$ и положив, что по малости угла α $\sin \alpha = \operatorname{tg} \alpha = i_b$,

а $\cos \alpha = 1$, получим:

$$Y = \frac{Q \cdot v^2}{g \cdot R} - Q \cdot i_b. \quad (2.19)$$

где v – скорость движения автомобиля по виражу, км/ч;

R – радиус виража, м;

i_b – поперечный уклон виража (в долях единицы).

Для того чтобы не было заноса автомобиля, внешнюю поперечную силу необходимо уравнять противодействующей ей поперечной силой сцепления между колесами и дорогой.

Обозначим силу поперечного сцепления через $T_{\text{сц}}$. Тогда $Y = T_{\text{сц}}$. Предельная сила сцепления:

$$T_{\text{сц}} = Q \cdot \varphi_2, \quad (2.20)$$

где φ_2 – коэффициент поперечного сцепления между колесами и поверхностью дороги.

Подставив вместо Y и $T_{\text{сц}}$ их значения, получим:

$$\frac{Q \cdot v^2}{g \cdot R} - Q \cdot i_b = Q \cdot \varphi_2. \quad (2.21)$$

Разделим обе части равенства на Q , тогда:

$$\frac{v^2}{g \cdot R} - i_b = \varphi_2. \quad (2.22)$$

Отсюда:

$$R = \frac{v^2}{g(\varphi_2 + i_b)}; \quad i_b = \frac{v^2}{g \cdot R} - \varphi_2; \quad v = \sqrt{g \cdot R(\varphi_2 + i_b)}.. \quad (2.23)$$

По этим формулам можно обосновать наименьший радиус кривой, поперечный уклон виража и максимально допустимую скорость движения при заданном радиусе R . Если скорость движения выразить в км/ч и учесть значение $g=9,81$, вышеприведенные формулы (2.22 и 2.23) примут следующий вид:

$$R = \frac{v^2}{127(\varphi_2 + i_b)}; \quad i_b = \frac{v^2}{127 \cdot R} - \varphi_2; \quad v = \sqrt{127 \cdot R(\varphi_2 + i_b)}. \quad (2.24)$$

Практика показывает, что в большинстве случаев занос автомобилей происходит раньше, чем их опрокидывание, поэтому минимальный радиус определяется по условиям заноса.

Величину φ_2 , по предложению А.В. Макарова, принимают в пределах $(0,6-0,7) \cdot \varphi$, где φ – полный коэффициент сцепления.

Для сухого покрытия $\varphi=0,6$; $\varphi_2=0,6 \cdot 0,6=0,36$; для мокрого покрытия $\varphi=0,4$; $\varphi_2=0,6 \cdot 0,4=0,24$; для мокрого и грязного покрытия $\varphi=0,25$; $\varphi_2=0,60 \cdot 0,25=0,15$.

Отношение поперечной силы к весу автомобиля А.В. Макаров предложил называть коэффициентом поперечной силы:

$$\mu = \frac{Y}{Q} = \frac{v^2}{g \cdot R} \pm i. \quad (2.25)$$

Отсюда:

$$R = \frac{v^2}{g \cdot (\mu \pm i)}. \quad (2.26)$$

При вираже ставят знак «+», а при двускатном профиле знак «-».

В нестесненных условиях радиус закругления можно определить, исходя из удобства движения при значении $\mu \leq 0,10$. Там, где позволяет местность, радиусы кривых следует назначать, насколько возможно, большими (3000 м и более). В стесненных условиях можно допускать меньшие радиусы, но не менее минимальных (табл. 2.5).

Таблица 2.5 – Наименьшие радиусы кривых автомобильных дорог

Расчетная скорость, км/ч	Наименьшие радиусы кривых в плане, м	Расчетная скорость, км/ч	Наименьшие радиусы кривых в плане, м
150	1000	60	125
120	600	50	100
100	400	40	60
80	250	30	30

Исходя из расчетных предпосылок, *наименьшим* считают такой радиус кривой в плане, который обеспечивает безопасное движение автомобиля по кривой с расчетной скоростью на вираже.

Рекомендуемым радиусом можно назвать радиус кривой, обеспечивающий удобное и безопасное движение автомобиля по кривой с расчетной скоростью при отсутствии виража. Величину наименьшего радиуса определяют по формуле:

$$R_{\min} = \frac{v^2}{127 \cdot (\mu + i_v)}, \quad (2.27)$$

где v – расчетная скорость, км/ч;

μ – коэффициент поперечной силы, который принимают равным 0,14-0,18;

i_v – поперечный уклон виража (в долях единицы);

127 – коэффициент, учитывающий значение $g=9,81 \text{ м/с}^2$ и перевод скорости из км/ч в м/с ($3,6^2$).

Рекомендуемый радиус кривой определяют по формуле:

$$R_{\min} = \frac{v^2}{127 \cdot (\mu - i_n)}, \quad (2.28)$$

где i_n – поперечный уклон двускатного профиля;

μ – коэффициент поперечной силы, который с учетом удобства движения, принимают не более 0,10.

Виражи. На кривых малых радиусов для повышения устойчивости автомобилей против заноса устраивают односкатный поперечный профиль с уклоном проезжей части и обочин к центру кривой – вираж. Участок, на котором поперечный профиль переходит от односкатного к двускатному, называют **отгоном виража** (рис. 2.11). Уклон виража зависит от величины радиуса и скользкости дороги (табл. 2.6).

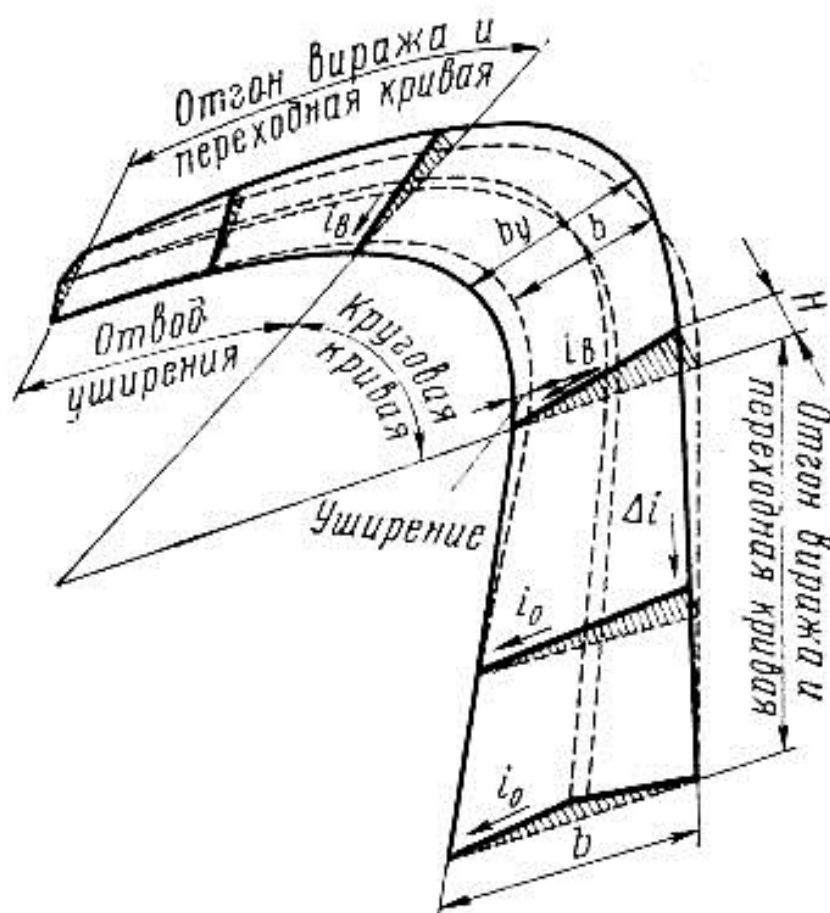


Рисунок 2.11 – Схема проезжей части на закруглении с виражом

Таблица 2.6 – Поперечные уклоны дорог на виражах

Радиусы горизонтальных кривых, м	Поперечный уклон проезжей части на виражах, ‰	
	основной наиболее распространенный	в районах с частыми гололедами
Более 2000*	Вираж не устраивают	
2000...1000	20...30	20...30
1000...700	30...40	30...40
700...650	40...50	40
650...600	50...60	40
Менее 600	60	40

* Для дорог I категории более 3000 м

Отгон виража устраивают на протяжении переходной кривой, а если она отсутствует – на прямом участке дороги. Односкатный поперечный уклон предусматривают в пределах круговой кривой. Поперечный профиль на отгоне виража изменяют в последовательности, показанной на рисунке 2.12.

1-я стадия: обочины как бы вращают около кромок проезжей части до выравнивания в одну плоскость с уклоном проезжей части (сечение 1-1);

2-я стадия: наружную половину полотна как бы вращают около оси дороги до выравнивания в одну плоскость с внутренней половиной полотна (сечение 2-2);

3-я стадия: все полотно вращают около внутренней кромки проезжей части до уклона виража (сечение 3-3).

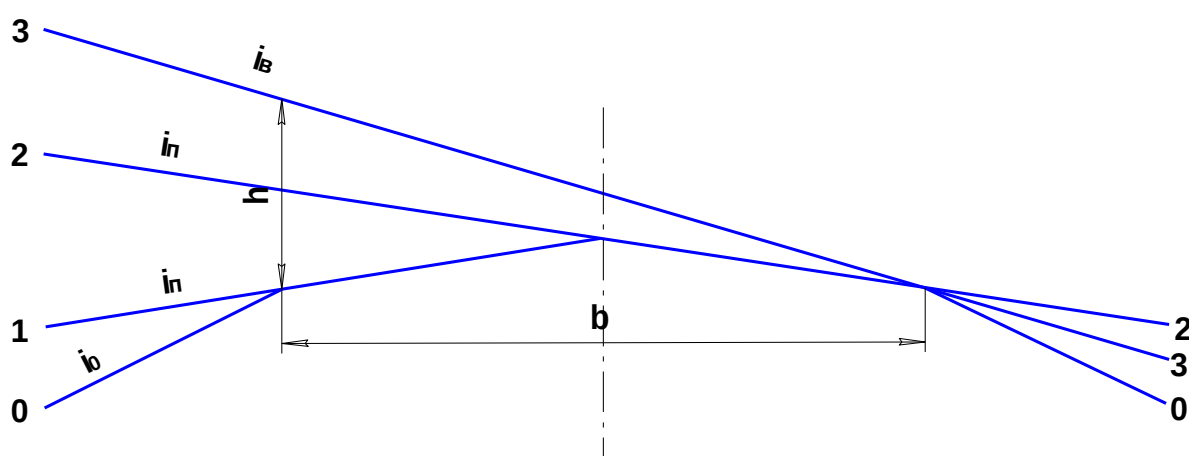


Рисунок 2.12 – Последовательность изменения поперечного профиля на обгоне виража

Если уклон виража равен уклону проезжей части двускатного профиля ($t_v = i_n$), третья стадия на отгоне виража отсутствует.

Общий вид закругления с виражом показан на рисунке 2.13.

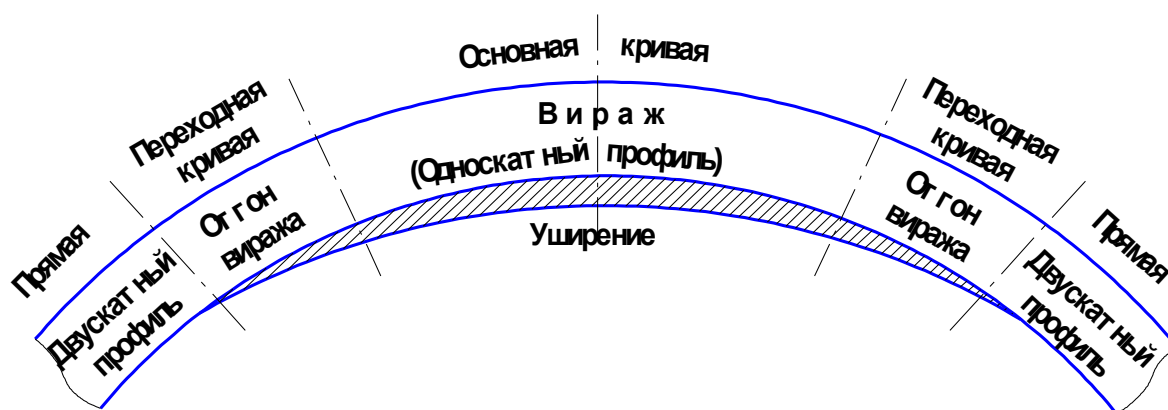


Рисунок 2.13 – План проезжей части на закруглении с виражом

Уширение проезжей части на кривых. При движении по кривой колеса автомобиля описывают кривые разного радиуса. Внешнее колесо передней оси автомобиля описывает кривую с большим радиусом, чем внешнее колесо задней оси. Поэтому автомобиль, движущийся по кривой, занимает более широкую полосу проезжей части, чем при движении по прямой (рис. 2.14). Для обеспечения безопасности разъезда встречных автомобилей на кривых малого радиуса требуется уширять проезжую часть.

Уширение – полоса, увеличивающая проезжую часть автомобильной дороги, предназначенная для обеспечения безопасности разъезда встречных автомобилей на кривых малого радиуса.

Величину этого уширения e ориентировочно определим, по Д.П. Великанову, с учетом следующих соображений. Принимаем, что расстояние между задней осью и передним буфером автомобиля равно L , а необходимое уширение каждой половины проезжей части предусматриваем в сторону соответствующей обочины. Считаем также, что ширина встречных автомобилей одинакова и условно равна половине ширины проезжей части на прямой. Тогда из ΔAOB получим:

$$L^2 + \left(R + \frac{b}{2}\right)^2 = \left(R + \frac{b}{2} + e_1\right)^2, \quad (2.29)$$

откуда:

$$e_1 = \sqrt{\left(R + \frac{b}{2}\right)^2 + L^2} - \left(R + \frac{b}{2}\right). \quad (2.30)$$

Из ΔCOD аналогично будем иметь:

$$e_2 = R - \sqrt{R^2 - L^2}. \quad (2.31)$$

Полная величина уширения:

$$e = e_1 + e_2 = \sqrt{\left(R + \frac{b}{2}\right)^2 + L^2} - \left(\frac{b}{2} + \sqrt{R^2 - L^2}\right). \quad (2.32)$$

Ориентировочно, принимая $e = 2 \cdot e_2$, получим:

$$e = 2 \cdot \left(R - \sqrt{R^2 - L^2}\right). \quad (2.33)$$

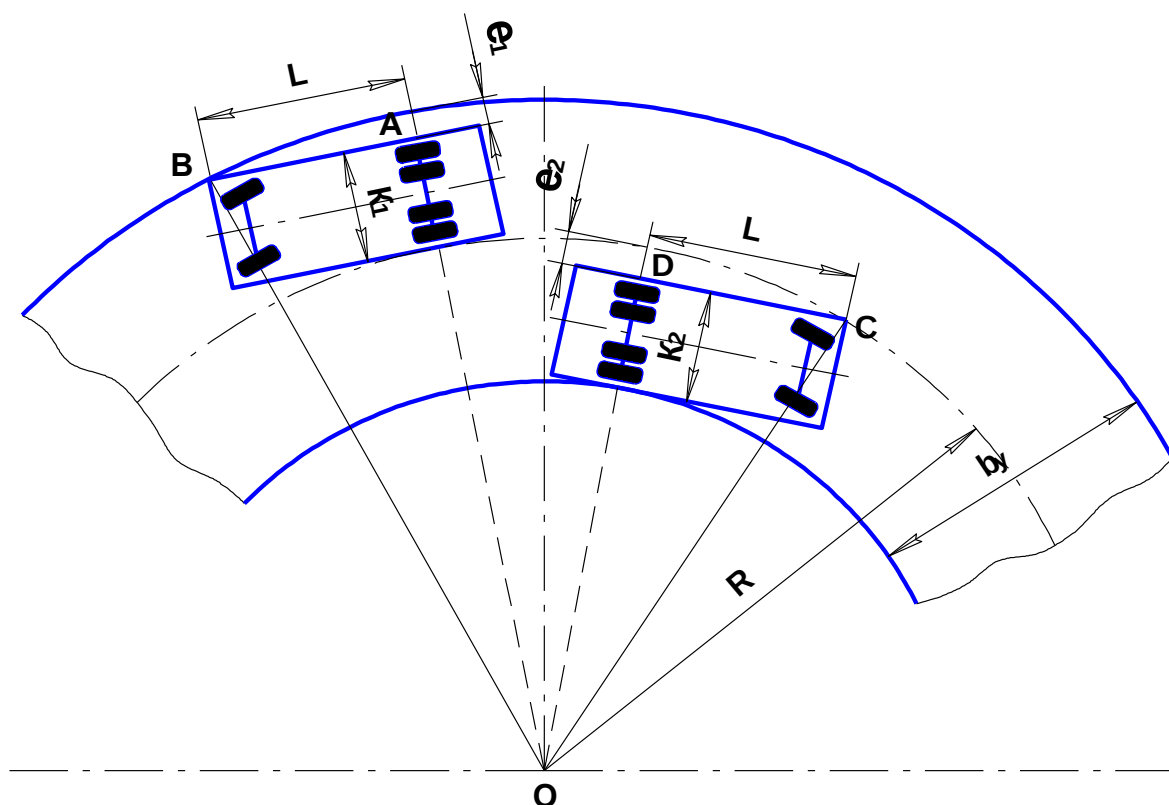


Рисунок 2.14 – Схема встречи двух автомобилей на кривой

С учетом влияния скорости движения автомобиля и вводя эмпирическую поправку $0,1 \cdot v / \sqrt{R}$ окончательная величина уширения будет равна:

$$e = 2 \cdot \left(R - \sqrt{R^2 - L^2} \right) + \frac{0,1 \cdot v}{\sqrt{R}}. \quad (2.34)$$

Уширять проезжую часть при $R \leq 1000$ м можно путем уменьшения ширины внутренней обочины при условии, что оставшаяся часть обочины будет не менее 1,0 м. В противном случае земляное полотно соответственно уширяют. При однополосной проезжей части размеры уширения принимаются в два раза меньше.

На кривых малых радиусов движение автопоездов усложняется: траектория колес прицепов сдвигается по сравнению с траекторией колес тягача к центру кривой (рисунок 2.15). Величина необходимого уширения на кривой изменяется в зависимости от количества прицепов, их скорости движения, конструкции и угла поворота.

Радиус поворота середины задней оси последнего прицепа R_{Π} можно определить в зависимости от радиуса поворота середины задней оси тягача R_T из выражения:

$$R_{\Pi} = \sqrt{R_T^2 - \sum a^2 - \sum e^2 + \sum c^2} = \sqrt{R_T^2 + K_{\Pi}}. \quad (2.35)$$

где K_{Π} – конструктивный коэффициент, имеющий постоянную величину (с отрицательным знаком) для автопоезда данной конструкции и состава.

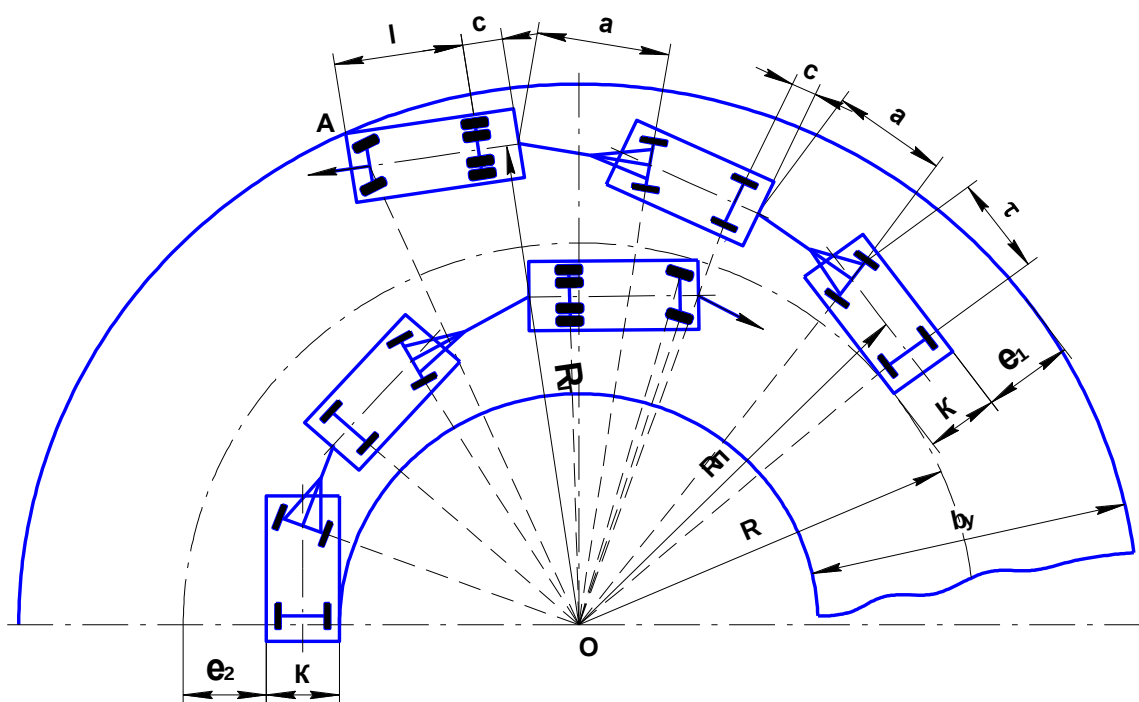


Рисунок 2.15 – Схема встречи двух автопоездов на кривой

Пользуясь формулой для R_{Π} и применяя метод Д.П. Великанова для случая разъезда двух одиночных автомобилей, получим выражение для расчета уширения на кривых при движении автопоездов:

$$e = 2 \cdot \left[R_T - \frac{K}{2} - \sqrt{\left(\sqrt{R_T^2 - L^2} - \frac{K}{2} \right)^2 + K_{\Pi}} \right]. \quad (2.36)$$

где K – ширина тягача и прицепов, принимаемая примерно равной ширине одной полосы движения на прямом участке трассы, $K \approx b/2$.

Величины полного уширения двухполосной проезжей части дорог на закруглениях приведены в таблице 2.7.

Таблица 2.7 – Уширения проезжей части на кривых для двухполосных дорог

Радиусы кривых в плане, м	Величина уширения для автомобилей и автопоездов, м						
	при L до						
	одиночных при $L \leq 7$ м и автопоездов при $L \leq 11$ м	13	15	18	20	23	25
1000	–	–	–	0,4	0,5	0,6	0,7
800...900	–	0,4	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8
700...600	0,4	0,5	0,5	0,7	0,7	0,8	1,0
600...550	0,5	0,6	0,6	0,8	0,9	1,0	1,3
450...400	0,5	0,7	0,7	0,9	1,2	1,3	1,7
350...300	0,6	0,8	0,9	1,1	1,5	1,6	2,1
250...200	0,8	1,0	1,1	1,5	2,0	2,2	2,8
150...125	0,9	1,4	1,5	2,2	2,7	3,0	–
90...100	1,1	1,8	2,0	3,0	3,5	–	–
80	1,2	2,0	2,3	3,5	–	–	–
70	1,3	2,2	2,5	–	–	–	–
60	1,4	2,8	3,0	–	–	–	–
50	1,5	3,0	3,5	–	–	–	–
40	1,8	3,5	–	–	–	–	–
30	2,2	–	–	–	–	–	–

Проезжую часть уширяют при подходе к закруглению постепенно таким образом, чтобы в месте, где начинается круговая кривая, были полностью достигнуты проектные размеры уширения. Постепенное уширение проезжей части называется **отводом уширения**; обычно его устраивают на участке отгона виража (см. рис. 2.11).

Проезжую часть уширяют путем уменьшения ширины внутренней обочины, после чего она должна быть не менее 1,5 м для дорог I, II и III категорий и не менее 1,0 м для остальных дорог. Если это условие не выдерживается, необходимо уширить земляное полотно (с внутренней стороны кривой).

Видимость дороги в плане. Для безопасного движения автомобиля водитель должен видеть перед собой дорогу на расстоянии, которое было бы достаточным для того, чтобы своевременно принять меры против наезда на какое-либо препятствие при расчетной скорости движения.

Минимальное расстояние, достаточное для своевременной остановки или объезда препятствия, называется **расчетным расстоянием видимости**.

Препятствиями для видимости дороги в плане могут быть откосы, выемки, косогоры, деревья, кустарник и застройка, находящиеся с внутренней стороны кривой.

Расчетное расстояние видимости зависит от расчетной скорости движения, состояния поверхности дороги и принятой схемы видимости – взаимного расположения автомобилей и препятствия.

Расчетную схему видимости выбирают с учетом ширины дороги (числа полос), способа регулирования движения (разделительная полоса), размера и состава движения (интенсивность движения и вид подвижного состава). При этом выбирают самую невыгодную схему, при которой получается наибольшее (расчетное) расстояние видимости.

Схемы видимости можно разделить на две группы: схемы торможения, предусматривающие остановку автомобиля перед препятствием, и схемы объезда препятствия.

Схема 1 – остановка автомобиля перед неподвижным препятствием (рис. 2. 16, а). Такую схему применяют на однопутных дорогах, на дороге I категории с разделительной полосой и на двухпутной дороге, если соседняя полоса занята тихоходным колонным движением. По этой же схеме определяют видимость в продольном профиле. Для данной схемы расчетное расстояние видимости:

$$S_1 = l_1 + S_T + l_0, \quad (2.37)$$

где l_1 – путь проезда автомобиля за время реакции водителя и включения тормоза, м;

S_T – путь торможения, м;

l_0 – запасное расстояние, м.

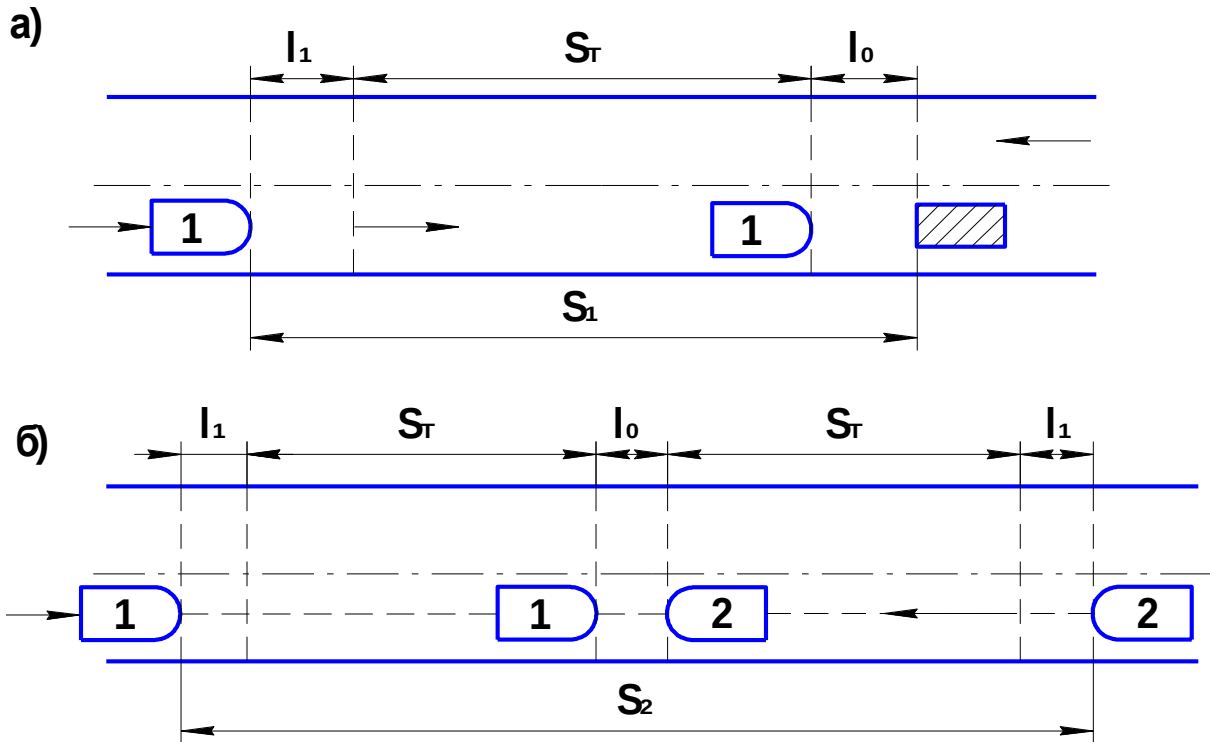


Рисунок 2.16 – Схемы видимости на дороге

В этом случае:

$$l_1 = \frac{v}{3,6} \cdot t_p; \quad S_{\text{т}} = \frac{v^2}{254 \cdot \varphi_1} \cdot K_{\text{э}}; \quad l_0 = 5 - 10 \text{ м},$$

где v – расчетная скорость движения автомобиля, км/ч;

t_p – время реакции и включения тормозов, $t_p = 1 \dots 2$ с;

φ_1 – коэффициент продольного сцепления колес с дорогой (зависит от типа и состояния покрытия);

φ – полный коэффициент сцепления (на прямом участке дороги $\varphi_1 = \varphi$);

$K_{\text{э}}$ – коэффициент эксплуатационных условий торможения.

Необходимое расстояние видимости по схеме 1 будет равно:

$$S_1 = \frac{v \cdot t_p}{3,6} + \frac{v^2}{254 \cdot \varphi_1} \cdot K_{\text{э}} + l_0. \quad (2.38)$$

Схема 2 – взаимное торможение встречных автомобилей (рис. 2.16, б). Такую схему применяют на однопутных дорогах, на двухпутной дороге, если соседняя полоса занята колонным дви-

жением, а также при неполной очистке снега или глубокой колее. В этом случае необходимое расстояние видимости можно определить по формуле:

$$S_1 = \frac{v \cdot t_p}{1,8} + \frac{v^2}{254 \cdot \varphi_1} \cdot K_3 + I_0. \quad (2.39)$$

Нормы видимости принимаются, исходя из расчетной скорости движения, по таблице 2.8.

Таблица 2.8 – Расчетные расстояния видимости на автодорогах

Расчетная скорость, км/ч	Нормы видимости поверхности дороги, м	Нормы видимости встречного автомобиля, м	Расчетная скорость, км/ч	Нормы видимости поверхности дороги, м	Нормы видимости встречного автомобиля, м
150	250	–	60	75	150
120	175	350	50	60	120
100	140	280	40	50	100
80	100	200	30	40	80

2.4 Элементы дороги в продольном профиле

Продольный профиль дороги представляет собой чертеж с условным изображением вертикального разреза поверхности земли и полотна, дороги вдоль i ее оси. Профиль является одним из основных документов для строительства дороги, определяющим положение бровки земляного полотна относительно поверхности земли, величину продольных уклонов отдельных участков дороги и другие необходимые данные (рис. 2.17).

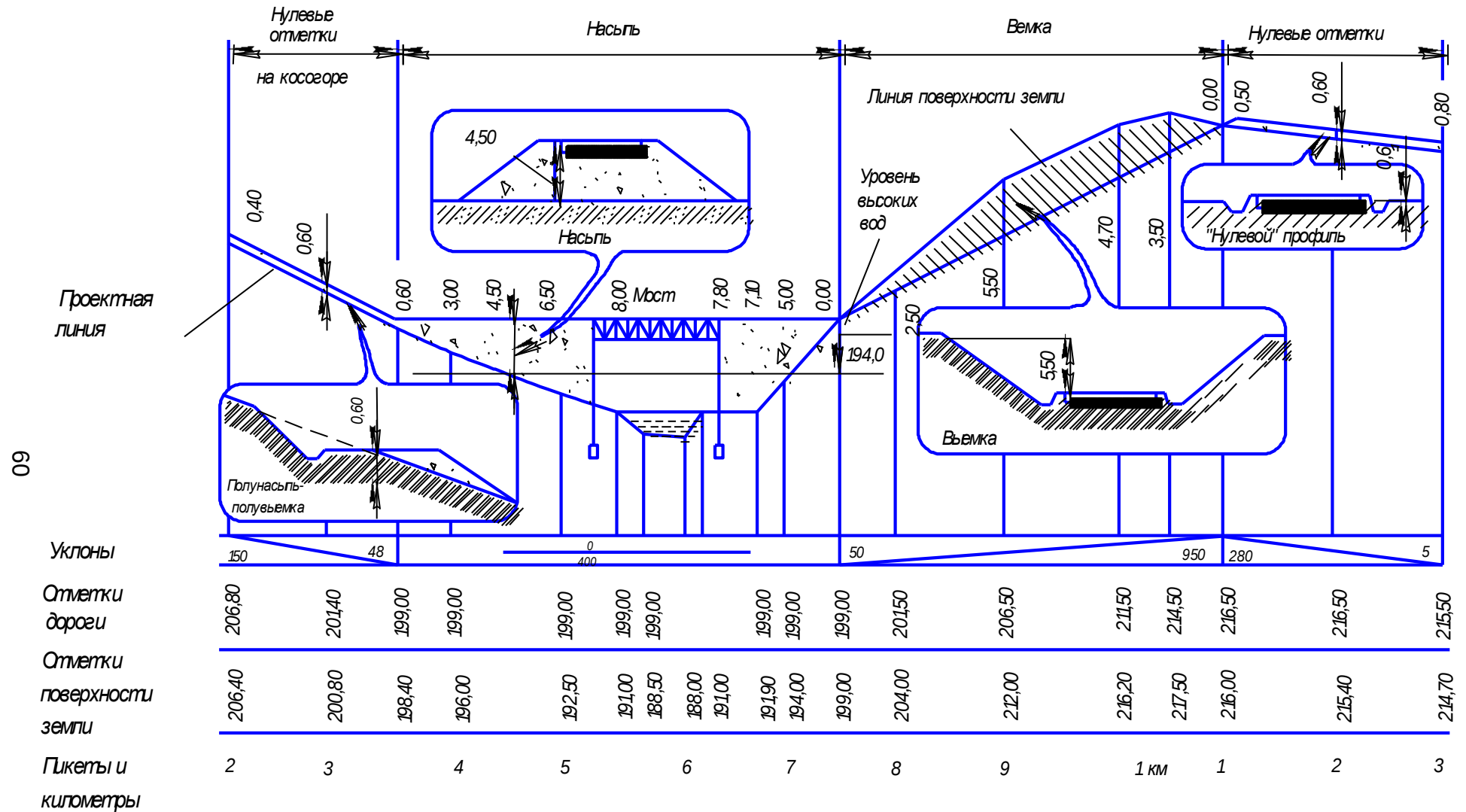


Рисунок 2.17 – Продольный профиль автомобильной дороги

На продольный профиль наносят:

- линию поверхности земли (черную линию) и высотные отметки ее характерных точек;
- проектную линию бровок земляного полотна, ее уклоны и высотные отметки;
- грунтовой разрез по оси дороги с указанием мест заложения шурфов и скважин, характера и мощности грунтовых напластований, уровня грунтовых вод;
- развернутый план трассы и ситуация на полосе по 50 м в каждую сторону от оси дороги;
- расположение и основные характеристики водоотводных сооружений; данные для постройки водоотводных канав и углубленных кюветов, типы их укрепления;
- пикетаж и положение характерных (плюсовых) точек;
- типы конструкций дорожной одежды и земляного полотна.

Определение отметок местности по топографической карте. За абсолютную уровненную поверхность принято считать поверхность океана. Высоты точек над уровнем океана называют абсолютными отметками, а высоты точек, над произвольно принятой уровненной поверхностью – условными отметками. Разницу по высоте между смежными горизонталями называют **сечением горизонталей**. По взаимному расположению горизонталей можно судить о формах рельефа (гора, котловина, хребет, лощина и седловина).

Горой называют возвышенность конической формы. Если возвышенность имеет высоту менее 200 м над окружающей местностью, называют **холмом**. **Котловина** – это углубление рельефа конической или чашеобразной формы. **Хребет** представляет собой возвышения удлиненной формы.

Линию, проходящую по самым высоким местам хребта, называют **водоразделом**, а его бока – **скатами** или **косогорами**. **Лощина** – углубление удлиненной формы. Линию вдоль лощины, проходящую по низким точкам, называют **водотоком** или **тальвегом**. Широкие лощины с пологими скатами называют **долинами**, а с крутыми и каменистыми – **ущельями**. Седловина представляет собой сочетание двух хребтов с расходящимися водотоками.

В зависимости от рельефа местности поверхность дороги может быть ниже поверхности земли (дорога проходит в выемке) или выше – по искусственно насыпанному грунту (дорога проходит в насыпи). В качестве основных элементов продольного профиля дороги следует отметить: горизонтальные участки, характеризующиеся длиной l ; подъемы и спуски, характеризующиеся длиной $l_{\text{п}}$ или $l_{\text{сп}}$ и крутизной; вертикальные кривые, характеризующиеся длиной и радиусом кривизны R . Крутизна подъемов-спусков выражается отношением разности высот относительно нулевой линии в начале и конце участка дороги к проекции этого участка на горизонтальную плоскость.

Другими словами, это тангенс угла α , образуемого осью дороги на данном участке и горизонтальной поверхностью:

$$i = \frac{h}{l} = \operatorname{tg} \alpha, \quad (2.40)$$

где $h=BC$ – превышение точки **B** над точкой **A**;

$l=AC$ – проекция наклонной линии на горизонтальную плоскость;

α – угол наклона;

i – уклоны прямой **AB**.

Продольный уклон выражается в тысячных долях (промилле), процентах или десятичных дробях: $i=30 \text{ ‰}$; $i=30 \%$ или $i=0,03$. Величина уклона показывает, на сколько метров повышается или понижается трасса оси дороги на протяжении 1000 м. Подъемы считаются положительными, а спуски – отрицательными уклонами.

Сопряжения подъема с последующим спуском или горизонтальным участком и горизонтального участка с последующим спуском (выпуклый перелом) осуществляются по выпуклой кривой радиуса $R_{\text{вып}}$ (рис. 2.18), сопряжения же спуска с последующим подъемом или горизонтальным участком и горизонтального участка с последующим подъемом (вогнутый перелом) – по вогнутой кривой радиуса – $R_{\text{вогн}}$.

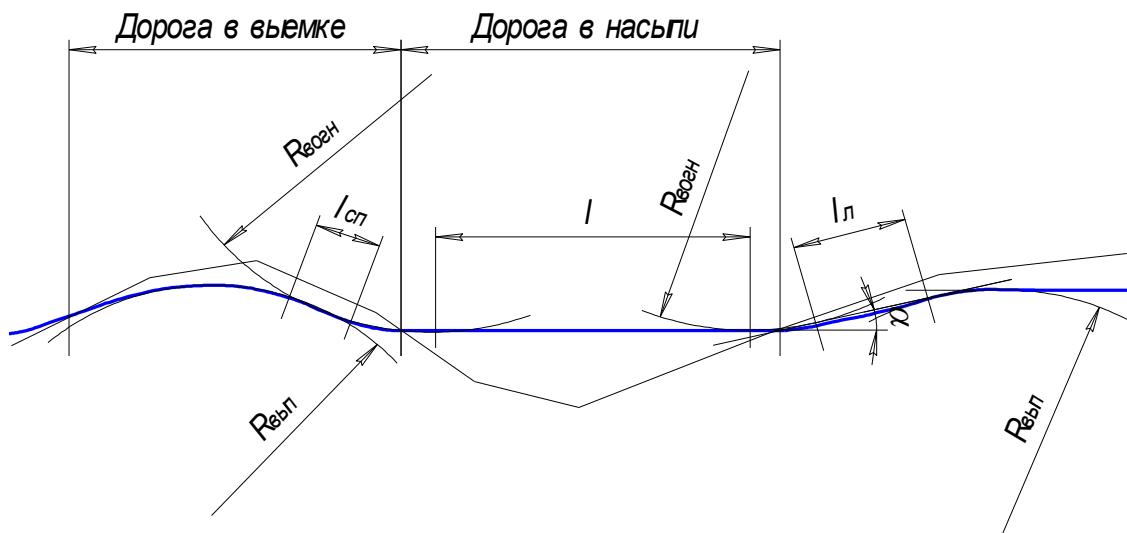


Рисунок 2.18 – Схематическое изображение продольного профиля дороги

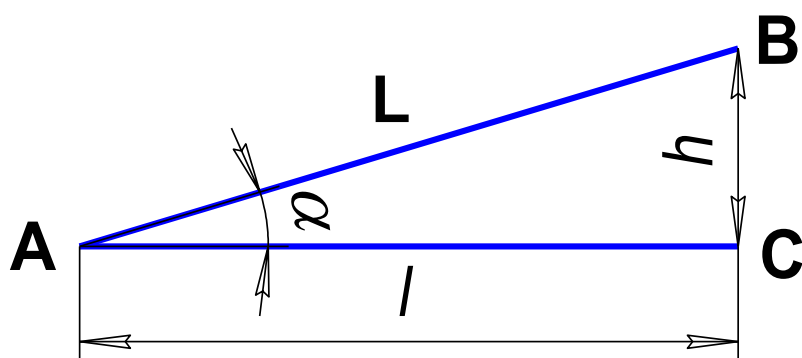


Рисунок 2.19 – Определение продольного уклона дороги

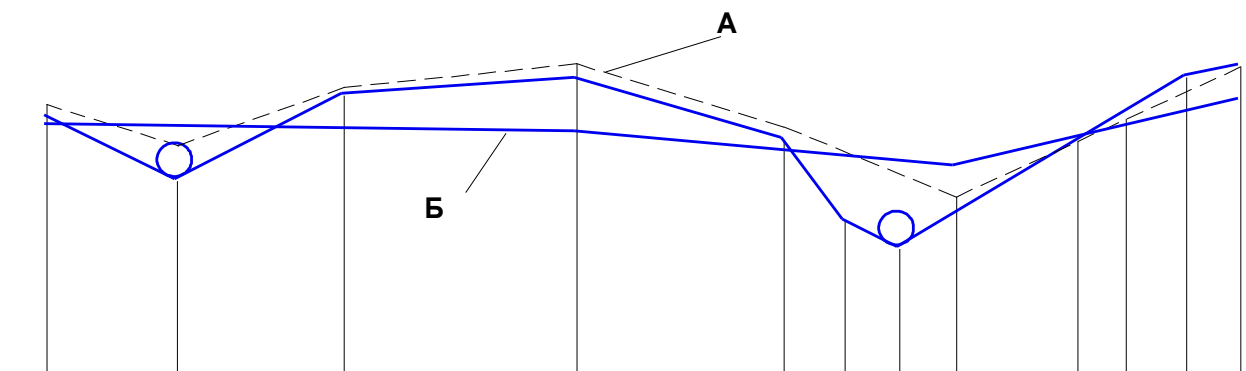


Рисунок 2.20 – Проложение проектной линии:
А – по обертывающей; Б – по секущей

Обертывающую проектную линию наносят по возможности параллельно поверхности земли, на некоторой высоте над ней. В условиях равнинного и слабохолмистого рельефа такое проектирование в сочетании с вписыванием в элементы рельефа при трассировании дороги позволяет получить достаточно хорошо осушаемое земляное полотно.

В условиях холмистого, сильно пересеченного рельефа при обёртывающим проектировании (рисунок 2.20, А) продольный профиль дороги получается с частыми переломами (пилообразный), что снижает скорость движения автомобилей и приводит к перерасходу топлива.

В связи с этим при проектировании дорог высоких технических категорий в условиях холмистого, пересеченного рельефа отказываются от проектирования по обертывающей. Проектную линию в этом случае чаще проводят по принципу секущей, увеличивая длину участков с однообразным уклоном между смежными переломами проектной линии (шаг проектирования) (рис. 2.20, Б).

Вертикальные кривые. В местах сопряжения встречных уклонов проектной линии при резких выпуклостях продольного профиля создаются условия, при которых водитель автомобиля не может видеть на достаточном расстоянии находящееся на дороге препятствие (встречный автомобиль, скатившийся с откоса камень, упавшее дерево и т. д.).

Вертикальные кривые бывают выпуклые и вогнутые.

Выпуклые кривые устраивают для плавного перехода с одного уклона на другой и улучшения видимости в продольном профиле (рис. 2.21). Выпуклый перелом ограничивает видимость дороги водителя. Вертикальной кривой срезается возвышение и увеличивается расстояние видимости.

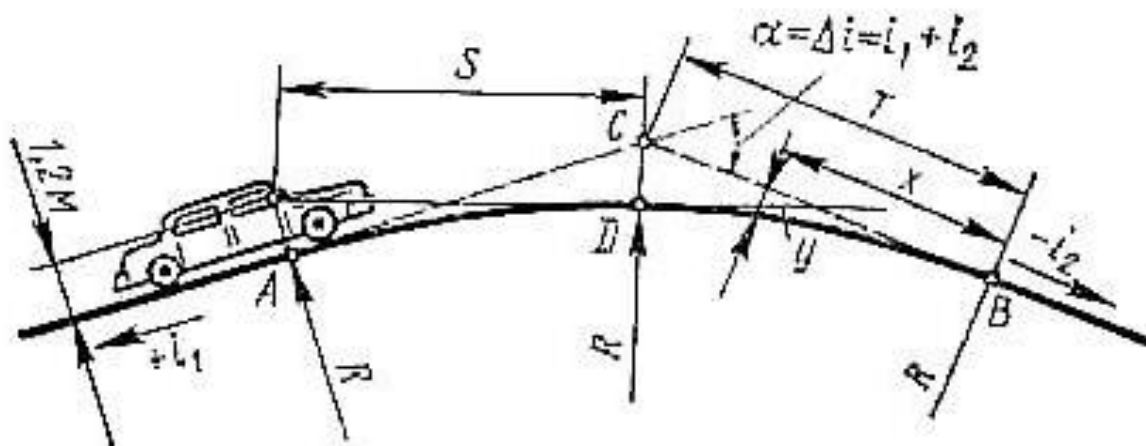


Рисунок 2.21 – Схема выпуклой вертикальной кривой

Радиусы выпуклых вертикальных кривых определяются из условия обеспечения видимости дороги водителю автомобиля на расстоянии, необходимом для срочного торможения перед препятствием. Зная величину расстояния видимости S и приняв высоту глаза водителя над поверхностью дороги равной 1,2 м, из геометрических построений (рис. 2.21) получим:

$$R_{\text{вып}} = \frac{S^2}{2,4}. \quad (2.41)$$

Вогнутые кривые делают для смягчения толчка на вогнутом переломе профиля. На вогнутой кривой при движении автомобиля возникает центробежная сила, дополнительно нагружающая колесо. Допуская размер этой дополнительной нагрузки в 5 % полного веса автомобиля Q , получим:

$$C = 0,05 \cdot Q \text{ или } \frac{Q \cdot v^2}{g \cdot R} = 0,05 \cdot Q,$$

откуда

$$R = \frac{v^2}{0,05 \cdot g}. \quad (2.42)$$

Принимая $g=10 \text{ м/с}^2$, получим:

$$R_{\text{вог}} = 2 \cdot v^2, \quad (2.43)$$

Если скорость выразить в км/ч, то:

$$R_{\text{вог}} = \frac{v^2}{6,5}. \quad (2.44)$$

Для разбивки вертикальных кривых необходимо знать алгебраическую разность уклонов Δi и величину радиуса R (рис. 2.21).

Приняв центральный угол α (в радианах) равным Δi , находим следующие величины:

длину кривой **ADB**:

$$K = R \cdot \alpha = R \cdot \Delta i; \quad (2.45)$$

длину касательной (тангенс) **AC**:

$$T \approx \frac{K}{2} = \frac{R \cdot \Delta i}{2 \cdot R}; \quad (2.46)$$

длину биссектрисы **CD**:

$$B = \frac{T^2}{2 \cdot R + B} \approx \frac{T^2}{2 \cdot R}. \quad (2.47)$$

Ордината y любой промежуточной точки, находящейся на расстоянии x от начала вертикальной кривой, будет равна:

$$y = \frac{x^2}{2 \cdot R}. \quad (2.48)$$

Радиусы кривых на автодорогах по СНиП приведены в таблице 2.9.

Таблица 2.9 – Наименьшие радиусы вертикальных кривых и минимальные расстояния видимости

Расчетная скорость, км/ч	Наименьшее расстояние видимости, м		Наименьшие радиусы кривых в продольном профиле, м		
	для остановки	вертикального автомобиля	выпуклых	вогнутых	
				основной	в горной местности
150	300	—	30000	8000	4000
120	250	450	15000	5000	2500
100	200	350	10000	3000	1500
80	150	250	5000	2000	1000
60	85	170	2500	1500	600
50	75	130	1500	1200	400
40	55	110	1000	1000	300
30	45	90	600	600	200

2.5 Элементы улиц и городских дорог

Улицы и дороги – сложные инженерные сооружения, состоящие из отдельных конструктивных элементов: проезжей части, тротуаров, полос зеленых насаждений, сети дождевой канализации. Городские дороги должны удовлетворять ряду требований, главными из которых являются удобство и безопасность движения транспорта и пешеходов. Они должны быть по возможности прямыми с хорошей видимостью в плане и продольном профиле.

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

Ширина проезжей части улиц и дорог устанавливается в зависимости от перспективной интенсивности движения и пропускной способности одной ленты, определяемой в соответствии с категорией улицы и дороги и составом транспортного потока. Ширина проезжей части улицы складывается из ширины рабочих полос, предназначенных непосредственно для движения транспорта, и из ширины полос для остановки транспорта у тротуаров или у посадочных площадок.

Ширина рабочей полосы проезжей части должна устанавливаться в соответствии с расчетным числом полос движения всех видов транспортных средств нормальной ширины на каждой полосе, обеспечивающей возможность безопасного движения с установленной скоростью.

Необходимая ширина проезжей части улицы, предназначенной непосредственно для движения транспорта, при установленном числе полос движения складывается из суммы величин габаритной ширины расчетных транспортных единиц и суммы зазоров безопасности. Ширина полос может быть принята для троллейбусов и автобусов 2,7 м, для грузовых автомобилей – 2,5 м и легковых автомобилей – 2,0 м. Зазоры безопасности определяют минимально необходимое и достаточное расстояние между кузовами транспортных единиц при встречном движении, при обгоне или попутном движении, а также между кузовом и бортом тротуара или полосой для стоянки автомобилей.

При установленных правилами движения по улицам городов ограничениях скорости движения легковых автомобилей в 60 км/ч величина зазоров безопасности может быть принята в размере около 0,7 м между бортом тротуара и кузовами транспортных средств, движущихся по первой полосе и 1,0...1,2 м между кузовами попутных машин.

Ширина проезжей части городских магистралей определяется кратной 3,75 м. Нормами проектирования автомобильных дорог установлены ширина одной полосы движения и наименьшее количество полос для улиц и дорог разного назначения, приведенные в таблице 2.10.

Ширину тротуаров выбирают в зависимости от категории дороги, интенсивности пешеходного движения в часы пик, а также размещения в зоне тротуара различных элементов оборудования улицы, стесняющих движение пешеходов: мачт освещения, опор контактной сети, деревьев и т. д.

Ширину тротуаров для дорог различных категорий назначают согласно таблице 2.10. Тротуары, как правило, располагают параллельно проезжей части и в целях безопасности выше ее не менее чем на 0,15 м. В местах примыкания к проезжей части тротуары ограждают бортовым камнем. На улицах с интенсивным движением транспорта, на перекрестках и в других опасных местах участки тротуаров ограждают перилами. Продольный уклон тротуаров не должен превышать 80 ‰. При больших уклонах следует устраивать лестницы. Поперечный уклон тротуаров принимают от 10 до 15 ‰.

Для безопасности пешеходов при переходе через скоростные дороги и магистральные улицы с непрерывным движением устраивают пешеходные переходы в разных уровнях – в виде тоннелей или перекидных мостиков.

Пересечения улиц и городских дорог осуществляют в зависимости от их категории. Скоростные дороги и магистральные улицы непрерывного движения пересекаются между собой с полной развязкой транспортного движения, т. е. в двух уровнях. Скоростные дороги и магистральные улицы непрерывного движения с магистральными регулируемыми улицами, а также с дорогами грузового движения пересекаются с неполной развязкой транспортного движения, т. е. в двух уровнях с обеспечением непрерывности движения по главному направлению и светофорного регулирования по второстепенному.

Магистральные улицы с регулируемым движением пересекаются между собой или с дорогами грузового движения, а также улицами и дорогами местного значения в одном уровне.

Для стока ливневых и талых вод проезжей части городской улицы придают поперечные уклоны. **Уклоном** – называется отношение разности высот двух точек к горизонтальному расстоянию между ними. На улице, имеющей одну проезжую часть, как правило, устраивают двускатный поперечный профиль с уклонами в обе стороны от осевой линии (см. рис. 2.6, б).

Односкатный профиль (см. рис. 2.6, а) устраивают при двух отдельных проезжих частях.

Величину поперечного уклона назначают в зависимости от типов покрытий. Чем ровнее покрытие, тем меньше требуется поперечный уклон проезжей части. На неровных или водопроницаемых покрытиях для более быстрого стока воды поперечные уклоны увеличивают. Согласно нормам для асфальтобетонных и цементобетонных покрытий, а также покрытий из щебеночных и гравийных материалов или грунта, обработанных органическими вяжущими, поперечный уклон принимают равным 15...25 ‰, для покрытий из брусчатки, мозаики, для булыжных мостовых, покрытий из сборных железобетонных плит, щебеночных, гравийных, шлаковых покрытий 20...30 ‰; для покрытий из грунтов, укрепленных местными каменными материалами – 25...40 ‰.

Городские дороги должны быть по возможности прямолинейными, не иметь резких переломов в продольном профиле. Это способствует лучшей видимости, удобству вождения транспортных средств и, следовательно, повышению скорости и безопасности движения. Однако выполнить эти условия не всегда представляется возможным по ряду причин, связанных со сложившейся застройкой, рельефом местности, принятой системой планировки и т. д. Поэтому при трассировании улиц и городских дорог нередко приходится отклоняться от прямого направления и прокладывать их по ломаным линиям. Изменение направления трассы определяется углом поворота, образуемым продолжением направления дороги и новым ее направлением. При прокладке дорог, имеющих углы поворота, прямые участки проезжей части сопрягают плавными кривыми.

Таблица 2.10 – Размеры элементов городских улиц и дорог

Категория улиц и дорог	Ширина одной полосы, м	Число полос в обоих направлениях		Ширина предохранительной полосы между проезжей частью и бортовым камнем, м	Минимальная ширина тротуаров, м	Наибольший предельный уклон, ‰	Наименьший радиус кривых в плане, м	Радиус вертикальных кривых			
		наименьшее	с учетом резерва					Алгебраическая разность уклонов, ‰	Наименьший радиус вертикальной кривой, м		
									выпуклой	вогнутой	
Скоростные дороги	3,75	6	8	1	По проекту	40	600	5 и более	10000	2000	
Магистральные улицы и дороги:											
общегородского значения:											
непрерывного движения	3,75	6	8	0,75		4,5	50	400	7 и более	6000	1500
регулируемого движения	3,75	4	6	0,50		4,5	50	400	7 и более	6000	1500
районного значения	3,75	4	6	—	3	60	250	10 и более	4000	1000	
дороги грузового движения	3,75	2	4	—	—	40	400	7 и более	6000	1500	
Улицы и дороги местного значения:											
жилые улицы	3	2	4	—	2,25	80	125	15 и более	2000	500	
дороги промышленных и коммунально—складских районов	3,75	2	4	—	1,5	60	125	15 и более	2000	500	
Поселковые улицы	3,5	2	2	—	1,5	70	60	15 и более	2000	500	
Поселковые дороги	3,5	2	2	—	1,5	70	125	15 и более	2000	500	
Проезды	3,5	—	—	—	—	80	30	—	—	—	

Кривая представляет собой дугу круга (рис. 2.22), радиус которой принимают в зависимости от расчетной скорости движения, характера местности, особенностей застройки и т. п., но не менее величин, указанных в таблице 2.10. При движении автомобиля по кривой возникает центробежная сила, действующая перпендикулярно направлению движения и стремящаяся сбросить автомобиль с проезжей части.

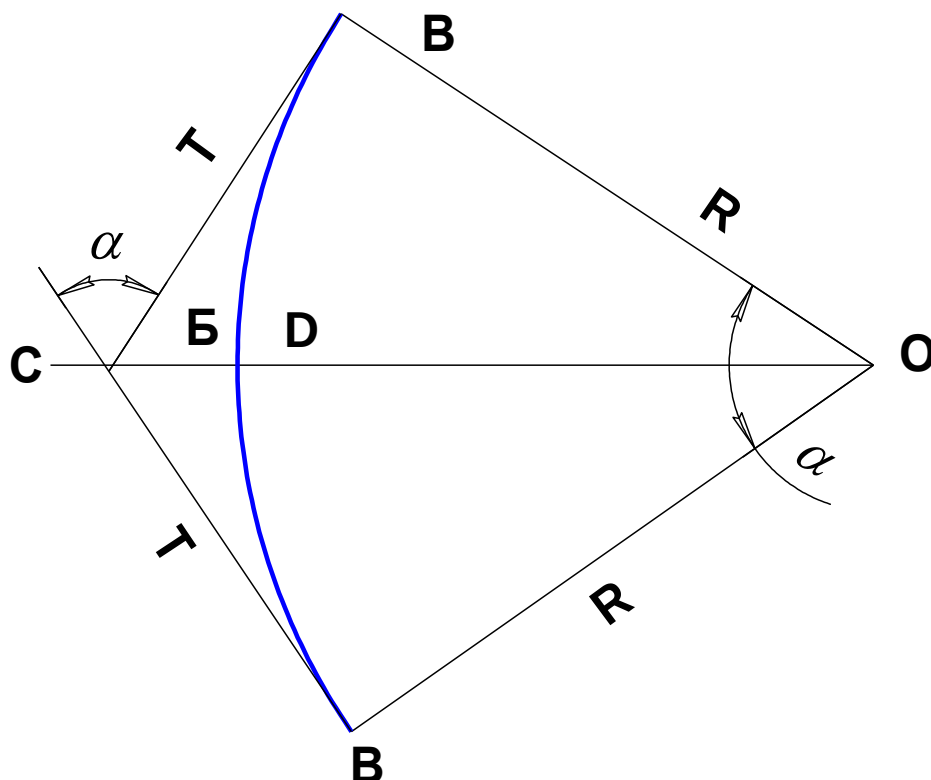


Рисунок 2.22 – Элементы кривой

Величина центробежной силы зависит от веса автомобиля, скорости движения и радиуса кривизны:

$$C = \frac{Q \cdot v^2}{g \cdot R}, \quad (2.49)$$

где Q – вес автомобиля, Н;

v – скорость движения автомобиля, м/с;

g – ускорение свободного падения, м/с²;

R – радиус кривой, м.

Из формулы видно, что центробежная сила возрастает с уменьшением радиуса кривизны и в известных условиях может привести к боковому заносу или опрокидыванию автомобиля. При низких скоростях движения или кривых большого радиуса центробежная сила уравнивается массой автомобиля и величиной поперечного сцепления шин с поверхностью дороги с учетом отрицательного действия поперечного уклона проезжей части.

При этих условиях уравнение примет вид:

$$\frac{Q \cdot v^2}{g \cdot R} \leq (\varphi \pm i), \quad (2.50)$$

где φ – коэффициент поперечного сцепления колес автомобиля с дорогой;

i – поперечный уклон проезжей части.

Знак (+) перед уклоном принимают при прохождении автомобиля по внутренней полосе проезжей части, когда поперечный уклон противодействует центробежной силе. Знак (–) принимают при прохождении автомобиля по внешней полосе, когда уклон способствует опрокидыванию. Преобразовав уравнение, получим формулу зависимости между расчетной скоростью и радиусом кривизны:

$$v = \sqrt{g \cdot R(\varphi \pm i)}. \quad (2.51)$$

Следовательно, если скорость движения автомобиля на повороте окажется большей, чем она должна быть при определенных значениях R и φ , то произойдет боковой занос автомобиля, который может привести к аварии. Если в формуле скорости значение v выразить в км/ч и учесть значение $g=9,81 \text{ м/с}^2$, то радиус кривой будет равен:

$$R \geq \frac{v^2}{127 \cdot (\varphi \pm i)}. \quad (2.52)$$

В целях безопасности движения по скоростным дорогам и магистральным улицам на кривых с большими радиусами кривизны вместо двускатного поперечного профиля устраивают виражи.

Виразж представляет собой односкатный поперечный профиль с уклоном, обращенным к центру кривой. Вирази устраивают на кривых радиусом: на скоростных дорогах менее 2000 м, магистральных улицах менее 1200 м, улицах и дорогах местного движения менее 800 м. Поперечный уклон, обращенный в сторону, противоположную направлению действия центробежной силы, погашает ее действие, уменьшая опасность бокового заноса и опрокидывания автомобиля.

Для обеспечения плавности движения и хорошей видимости на переломах продольного профиля устраивают вертикальные кривые (выпуклые или вогнутые). Элементы вертикальной кривой аналогичны элементам кривой в плане. Алгебраическая разность уклонов на соседних участках и минимальные радиусы вертикальных кривых для городских дорог различных категорий приведены в таблице 2.10.

Продольные уклоны проезжей части городской дороги назначают в зависимости от категории улицы, а также типа покрытия. С увеличением продольного уклона уменьшаются скорости движения транспорта, особенно на подъемах. Кроме того, изменяются условия сцепления пневматических шин с поверхностью покрытия. На крутых подъемах при недостаточном сцеплении колес автомобиля с дорогой возможно буксование. Серьезную опасность для водителей и пассажиров представляют крутые спуски с гладкими покрытиями, особенно в мокром или грязном состоянии. При проектировании и строительстве городских дорог установлена предельная величина продольных уклонов проезжей части. Значения допустимых продольных уклонов для улиц и дорог различных категорий указаны в таблице 2.10.

2.6 Земляное полотно

Земляное полотно – конструктивная часть дороги, выравнивающая неровности рельефа местности, служит фундаментом для дорожной одежды. Земляное полотно может устраиваться в насыпях и выемках; к нему относятся устройства и сооружения, предназначенные для отвода поверхностных и грунтовых вод.

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

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

Конструкция земляного полотна зависит от категории дороги, типа дорожной одежды, природных условий и необходимости обеспечения движения автомобилей с высокими расчетными скоростями. Для устройства насыпей можно использовать грунты, состояние которых под влиянием природных факторов практически не меняется или изменяется незначительно, не влияя на прочность и устойчивость земляного полотна: скальные или слабо- и легковыветривающиеся неразмягчаемые горные породы; крупнообломочные, песчаные (за исключением мелких недренирующих и пылеватых песков), супеси легкие крупные. Устойчивость земляного полотна также зависит от правильного расположения различных грунтов в насыпи, их влажности и плотности.

Для повышения несущей способности слабого основания земляного полотна применяют синтетические материалы, укладывая их на грунт перед возведением насыпи. Эти материалы используют также для обеспечения проезда дорожных машин на участках слабых грунтов при малой толщине насыпного слоя из дренирующих материалов; для предохранения зернистых материалов от перемешивания с переувлажненными глинистыми грунтами осно-

вания; в качестве фильтра для защиты дренажных конструкций, морозозащитных и дренирующих слоев от заиливания.

Типовые поперечные профили земляного полотна приведены на рисунке 2.23.

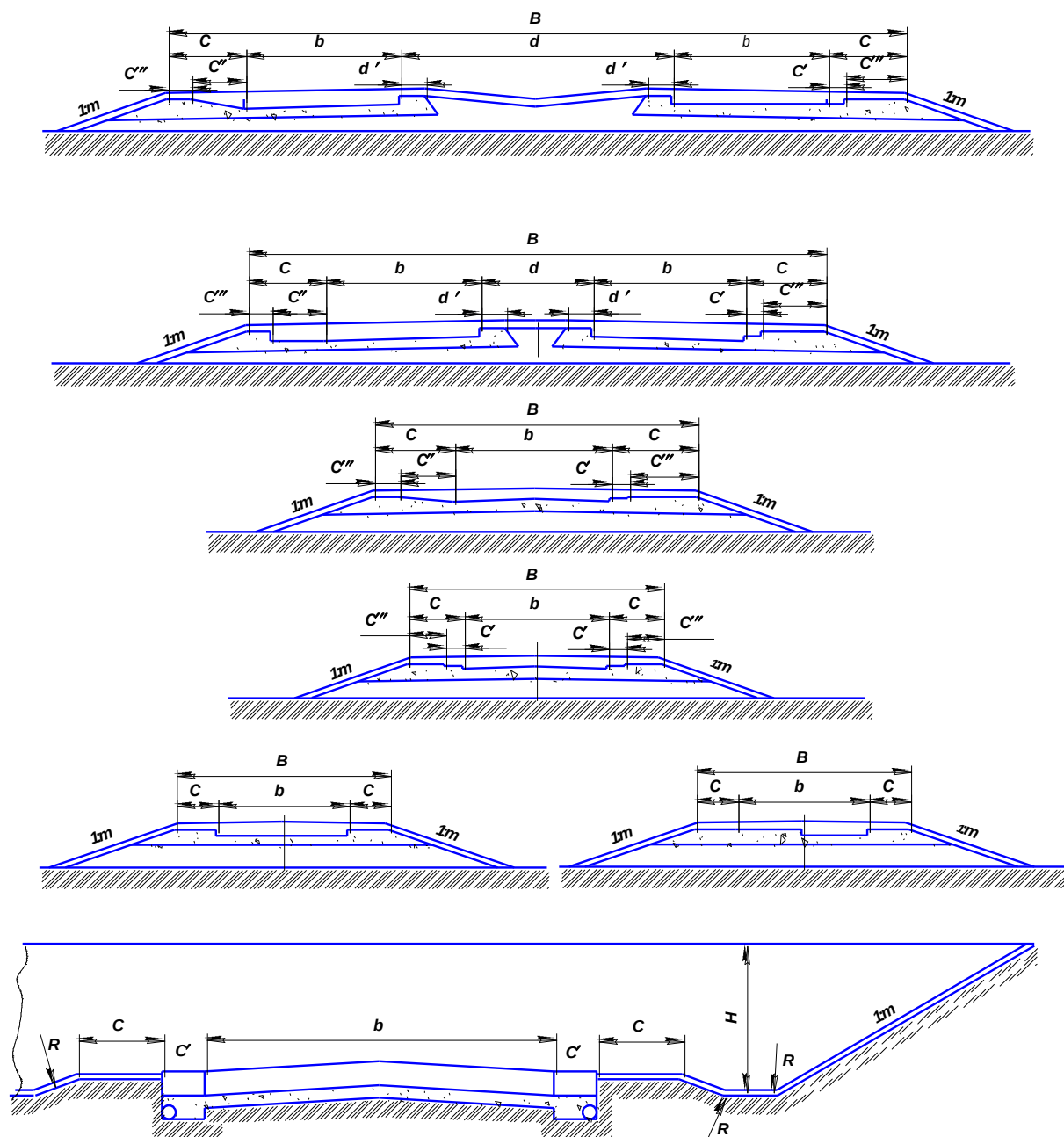


Рисунок 2.23 – Типовые поперечные профили земляного полотна:

R – радиус; C – обочина; C' – дренаж; C'' – укрепительная полоса;
C''' – укрепленная обочина; b – проезжая часть; H – глубина выемки;
1:m – уклон откоса; B – земляное полотно; d – разделительная полоса;
d' – укрепление

Типовые поперечные профили рекомендуется использовать в благоприятных геологических, гидрогеологических и других природных условиях для автомобильных дорог I-V категорий во II-V дорожно-климатических зонах.

На дорогах I категории предусмотрены профили для четырех – и шестиполосного движения с разделительной полосой шириной соответственно 12,5 (13,5) и 5,0 (6,0) м. Предусмотрены поперечные профили насыпей высотой до 12 м, выемок глубиной 12 и 16 м в скальных слабовыветрившихся породах.

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

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

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

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

2.7 Дорожные одежды

Дорожная одежда является важнейшим и дорогостоящим элементом автомобильной дороги; затраты на ее устройство достигают 50–60% сметной стоимости дороги.

Дорожной одеждой называют многослойную конструкцию, устраиваемую на проезжей части для удобного и безопасного движения транспортных средств с расчетной скоростью.

Дорожную одежду устраивают в пределах габаритов проезжей части дороги с целью создания условий, обеспечивающих возможность круглогодичного, безопасного, с расчетными скоростями и нагрузками, удобного и гигиеничного движения современных автомобилей. Дорожная одежда, как правило, представляет собой конструкцию, состоящую из нескольких конструктивных слоев, уложенных на тщательно спланированное и уплотненное земляное полотно.

К дорожной одежде как к инженерной конструкции предъявляют ряд конструктивных, технологических и эксплуатационных требований. Дорожная одежда должна быть прочной и долговечной, иметь шероховатую и ровную поверхность, обеспечивающую высокий коэффициент сцепления с автомобильными шинами и наименьшее сопротивление при движении автомобилей. Во время движения по ней не должно возникать сильного шума и пыли.

Конструкция дорожной одежды должна состоять из минимального числа слоев, при устройстве которых можно было бы применять комплексную механизацию и индустриальные методы строительства, а для удешевления и сокращения сроков строительства широко использовать местные материалы. Верхний слой дорожной одежды должен легко и с минимальными затратами восстанавливаться при ремонтах; по возможности, без перерыва движения по дороге.

Дорожную одежду проектируют в комплексе с земляным полотном как единую конструкцию.

Количество и толщину слоев дорожной одежды назначают из условия обеспечения требуемой прочности, с учетом качества применяемых материалов, прочности грунтового основания, конструктивных и экономических соображений.

В конструкции дорожной одежды принято различать два основных слоя: покрытие и основание (рис. 2.24).

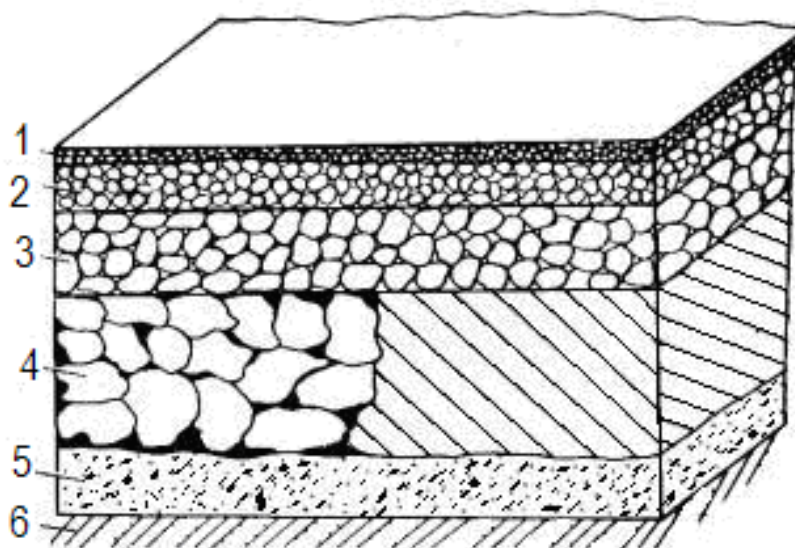


Рисунок 2.24 – Дорожная одежда и ее слои:

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

Покрытие – верхний, наиболее прочный слой дорожной одежды, непосредственно воспринимающий от транспортных средств и атмосферные воздействия. Покрытие должно быть прочным, износостойким, устойчивым к пластическим деформациям, водонепроницаемым, ровным, шероховатым и беспыльным. Покрытие обеспечивает необходимые транспортно-эксплуатационные качества дороги: ровность поверхности, износостойкость, прочность, высокий коэффициент сцепления, способствует удовлетворению санитарно-гигиенических требований, то есть легкости удаления пыли, грязи, бесшумного движения. В конструкции покрытия, кроме основного слоя, может предусматриваться верхний слой покрытия, периодически восстанавливаемый в процессе эксплуатации дороги, называемый **слоем износа**.

Основание – нижняя несущая часть дорожной одежды, устраиваемая из каменных материалов или грунта, обработанного вяжущими материалами, в которой значительно ослабляются вертикальные усилия, передаваемые на грунтовое основание, и практически полностью затухают горизонтальные усилия (рис. 2.25). Одновременно нижняя часть дорожного основания выполняет роль среды, защищающей конструкцию дорожной одежды от морозного пучения.

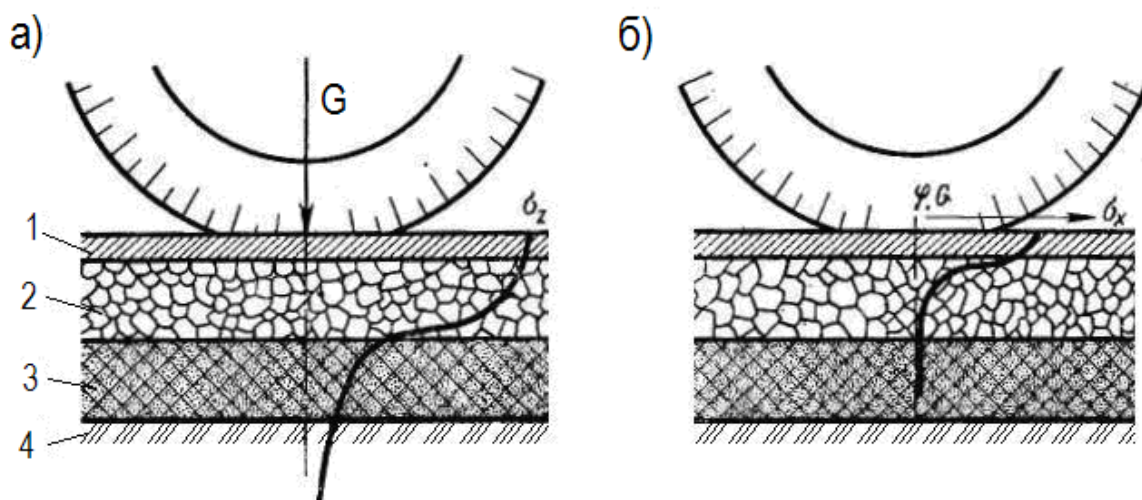


Рисунок 2.25 – Распределение напряжений в дорожной одежде от колес автомобилей:
а – эпюра вертикальных напряжений; б – эпюра горизонтальных напряжений; 1 – покрытие; 2 – основание; 3 – дополнительный слой основания; 4 – грунт земляного полотна

Основание, как правило, устраивают из нескольких слоев. Для устройства верхних слоев основания используют более прочные и морозостойкие материалы с обработкой или без обработки их вяжущими (битумом, цементом) материалами. Для нижних слоев основания применяют более слабые по прочности и менее морозостойкие материалы, так как в процессе эксплуатации на них воздействуют меньшие по величине вертикальные напряжения, а переход температуры через ноль градусов происходит значительно реже, чем в верхнем слое.

Для уменьшения толщины дорожного основания и обеспечения хороших дренирующих и морозозащитных свойств устраивают дополнительные нижние слои основания из песка, гравийно-песчаных смесей и других местных материалов.

На тех участках дороги, где земляное полотно возведено из пылеватых, суглинистых или глинистых грунтов, которые могут вспучиваться в результате значительного накопления и перераспределения влаги в зимний период, дополнительный слой основания должен выполнять функцию морозозащитного слоя. Поэтому его устраивают из неподверженных пучению пористых материалов – песка, гравия, щебня, шлака.

Грунтовое основание – это слои грунта, лежащие между грунтом земляного полотна (подстилающим грунтом) и дорожной одеждой, улучшенные уплотнением и другими мероприятиями до максимальной несущей способности. Грунтовое основание воспринимает вертикальные давления от транспорта, передаваемые на него вышележащими слоями дорожной одежды. Грунтовое основание должно обладать достаточной прочностью в периоды наибольшего увлажнения.

Дорожные одежды по способности воспринимать растягивающие напряжения и накапливать пластические деформации, возникающие от действия нагрузок, подразделяют на жесткие и нежесткие.

К **жестким** относят дорожные одежды, устраиваемые из бетона или железобетона. Эти одежды хорошо сопротивляются изгибу, и в них не накапливаются пластические деформации. Расчет таких конструкций ведут методами теории упругости.

К **нежестким** дорожным одеждам относят все остальные конструкции, устраиваемые из щебня, гравия, грунта и других материалов, в том числе с обработкой вяжущими. В таких одеждах при повторном действии нагрузок накапливаются пластические деформации, а их сопротивление изгибу значительно меньше, чем у жестких.

Транспортно-эксплуатационные качества дорожных одежд, в первую очередь, определяются типом устраиваемого покрытия. Дорожные покрытия в зависимости от степени капитальности, допускаемой интенсивности движения и обеспечиваемых удобств подразделяют на усовершенствованные капитальные, усовершенствованные облегченные, переходные и низшие.

Из покрытий усовершенствованного капитального типа наиболее распространены асфальтобетонные покрытия, имеющие ровную, упругую, удобную для движения автомобилей поверхность.

При тяжелом интенсивном движении на дорогах I и II категорий (в ряде случаев III и IV) устраивают усовершенствованные покрытия капитального типа (рис. 2.26, I) с применением **цементобетонных покрытий**, которые обладают большей прочностью и жесткостью и не накапливают пластические деформации.

Механические свойства таких покрытий при колебаниях температуры и влажности не изменяются, в отличие от асфальтобетонных покрытий, которые при низких температурах становятся более хрупкими, а в жаркую погоду значительно уменьшают свою прочность и жесткость. Цементобетонные покрытия, имея незначительный износ, являются наиболее долговечными.

На дорогах III, IV и V-й категорий при стадийном строительстве и на дорогах II и III-й категорий применяют **усовершенствованные облегченного типа покрытия** (рис. 2.26, II), устраиваемые с применением прочного щебня, гравия или минеральных смесей различной зернистости и плотности, обработанных органическими вяжущими материалами, обладающими достаточной прочностью в переменных условиях увлажнения и при различных температурах. Структура, прочностные свойства и долговечность таких покрытий зависят от свойств применяемых материалов и способов постройки.

На дорогах IV и V категорий, а при строительстве дорожных одежд в несколько стадий и на дорогах III, IV и V-й категорий на первой стадии применяют покрытия **переходного типа** (рис. 2.26, III) из щебня, гравия, шлака без обработки вяжущими материалами, обладающие малым сопротивлением износу, так как тангенциальные (касательные) силы, возникающие при движении автомобилей, оказывают разрушительное воздействие на верхний слой вследствие слабого сцепления между каменными частицами, из которых состоит этот слой.

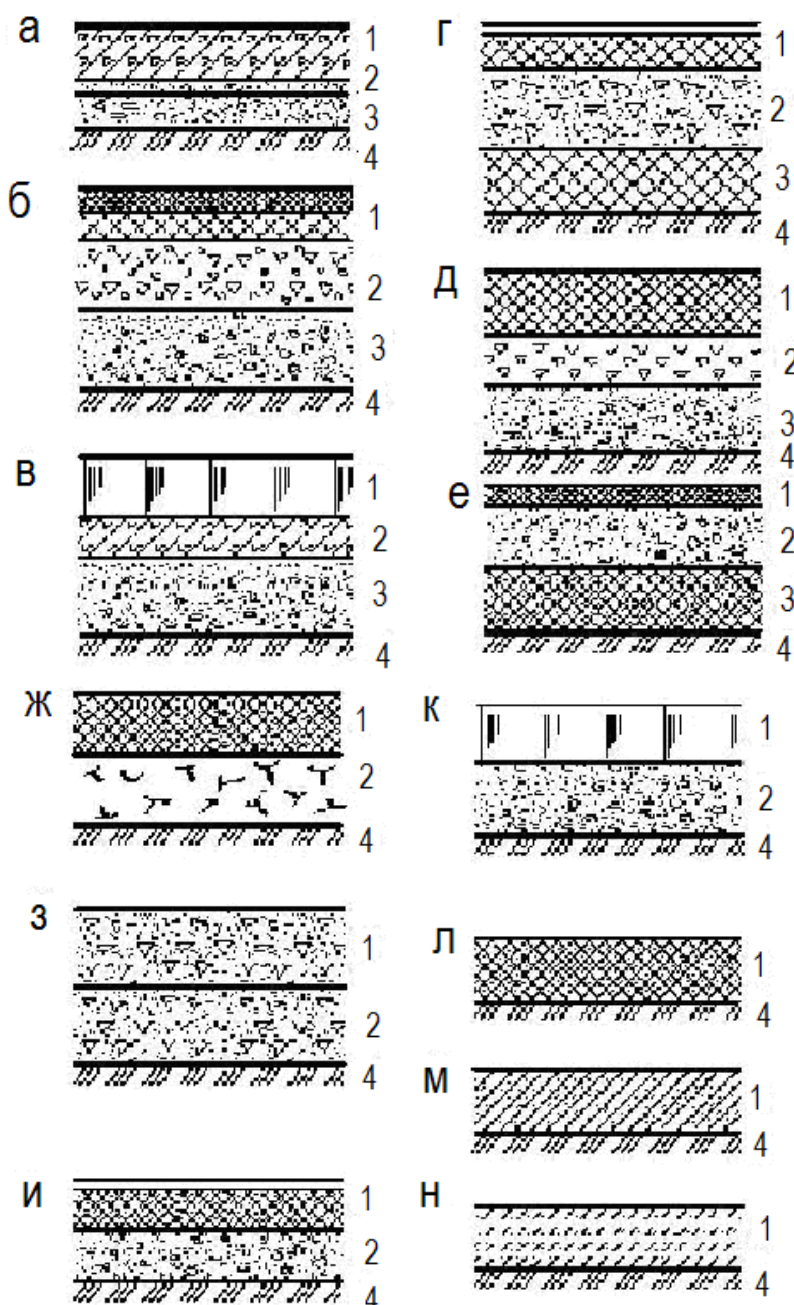


Рисунок 2.26 – Конструктивные слои одежд для дорог разных категорий:
а – цементобетонные монолитные и сборные;
б – асфальтобетонные: из горячих и теплых смесей;
в – мостовые из брусчатки, мозаики на каменном или бетонном основании; г – щебеночные из прочных щебеночных материалов подобранного состава с минеральным порошком или без него, обработанные в смесителе вязкими органическими вяжущими;
д – щебеночные (гравийные), обработанные по способу пропитки;
е – из холодного асфальтобетона, ж – из грунтов, обработанных в установке вязким битумом; з – щебеночные (гравийные), шлаковые; и – грунтовые и из местных слабых материалов, обработанных органическими вяжущими; к – мостовые из булыжного или колотого камня; л – грунтовые, укрепленные местными скелетными материалами (гравием, щебнем и др.); м – грунтовые подобранного гранулометрического состава;
н – грунтовые неукрепленные; 1 – покрытие; 2 – основание;
3 – дополнительный слой основания; 4 – грунтовое основание

К этой же группе относят покрытия из грунта и местных малопрочных каменных материалов, обработанных различными вяжущими материалами. Благодаря обработке органическими или минеральными вяжущими материалами эти покрытия обладают более высокой сопротивляемостью тангенциальным и вертикальным усилиям, воздействующим на дорогу при движении автомобилей.

Мостовые – конструктивные слои дорожной одежды, устраиваемые из отдельных, уложенных вплотную друг к другу, естественных или искусственных камней соответствующей формы. Основным недостатком мостовых является применение ручного труда при их устройстве, а мостовых из булыжного камня и грубоколотой шашки, кроме того, неровная поверхность.

Покрытия низшего типа – из грунтов, укрепленных или улучшенных различными местными материалами, применяют в качестве временного типа покрытий на дорогах IV и V категорий. Добавка песка, гравия и других зернистых минеральных материалов в глинистые, тяжело-суглинистые и пылеватые грунты увеличивает сопротивляемость таких покрытий нагрузкам во влажном состоянии. Для повышения связности сыпучих грунтов (песчаных) применяют глинистые или суглинистые добавки.

Новым в конструировании и технологии постройки дорожных покрытий являются водопроницаемые покрытия. Доказано, что эти типы покрытий прямо или косвенно влияют на понижение уровня грунтовой воды. Водопроницаемость дорожных покрытий достигают, применяя специальные материалы и используя особую технологию устройства покрытий.

2.8 Дорожный водоотвод

Водой, проникающей в земляное полотно дороги, осуществляется размягчение грунта, сильно снижающее способность земляного полотна к восприятию нагрузок. На рис. 2.27 показаны источники увлажнения земляного полотна.

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

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

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

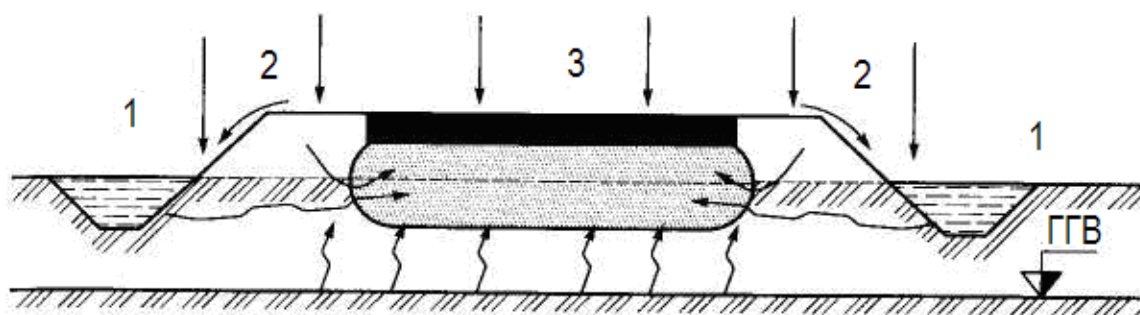


Рисунок 2.27 – Источники увлажнения земляного полотна:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

2.9 Искусственные сооружения на автомобильных дорогах

При строительстве автомобильных дорог на местности приходится преодолевать различные препятствия: горы, реки, каналы, овраги, лощины, суходолы и др.

В местах переходов дорог через такие препятствия для обеспечения непрерывного и безопасного движения автомобилей устраивают искусственные сооружения: мосты, трубы, путепроводы, тоннели, эстакады, виадуки, мосты-плотины, специальные сооружения на горных дорогах (подпорные и одевающие стены, галереи, селедуки и др.).

Трубы и мосты – наиболее распространенные виды искусственных сооружений на автомобильных дорогах; они служат для пропуска водотоков. Над трубами насыпь сохраняется, а на мосту прерывается.

Мост (рисунок 2.28) состоит из пролетных строений, поддерживающих проезжую часть, и опор, которые передают давление от пролетных строений на грунт.

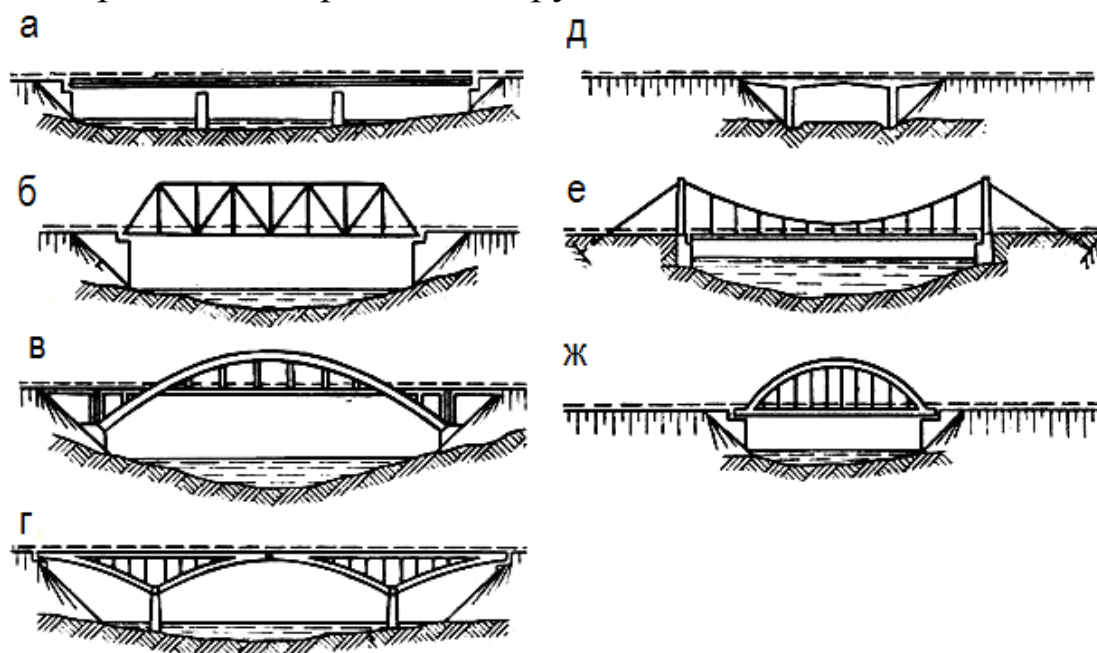


Рисунок 2.28 – Схемы мостов:

а – балочный мост с ездой поверху; б – мост со сквозной фермой (езда понизу); в – арочный мост; г – арочно-консольный мост; д – рамный мост; е – висячий мост; ж – мост комбинированной системы (безраспорная арка с балкой жесткости-затяжкой)

Крайние (береговые) опоры называют устоями, а промежуточные – быками.

Мосты бывают пешеходные, железнодорожные, автодорожные. В ряде случаев их строят совмещенными для пропуска автомобильного и железнодорожного транспорта одновременно. При этом движение обоих видов транспорта обеспечивают в одном или разных уровнях, а для пешеходов устраивают тротуары.

В зависимости от условий службы мосты могут быть высоководные, разводные, наплавные.

Трубами (рис. 2.29) называют искусственные сооружения, устраиваемые в теле насыпи для пропуска небольших постоянных или периодически действующих водотоков. Трубы составляют наибольшее количество водопропускных сооружений на дорогах (до 85 % от их общего количества). Их устраивают на пересечениях автомобильной дорогой небольших ручьев, оврагов, лощин, по которым вода стекает только в период дождей и таяния снега.

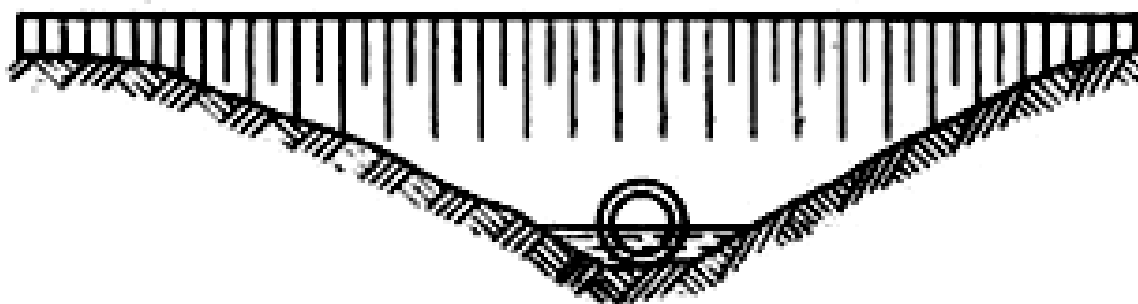


Рисунок 2.29 – Схема водопропускной трубы

Трубы не стесняют проезжую часть и не требуют изменения типа дорожного покрытия. Трубы бывают круглого и прямоугольного сечения с отверстием не менее 0,75 м, многоочковые из уложенных рядом нескольких труб (обычно не более четырех).

По характеру гидравлической работы мосты бывают (высоководные и низководные), а трубы – напорные и безнапорные (рис. 2.30). Низководные мосты сооружают на небольшой высоте над горизонтом меженных вод. Такие мосты при проходе паводков затопляются, или их разбирают. Низководные мосты служат кратковременным средством связи между берегами и при перевозках небольшой интенсивности.

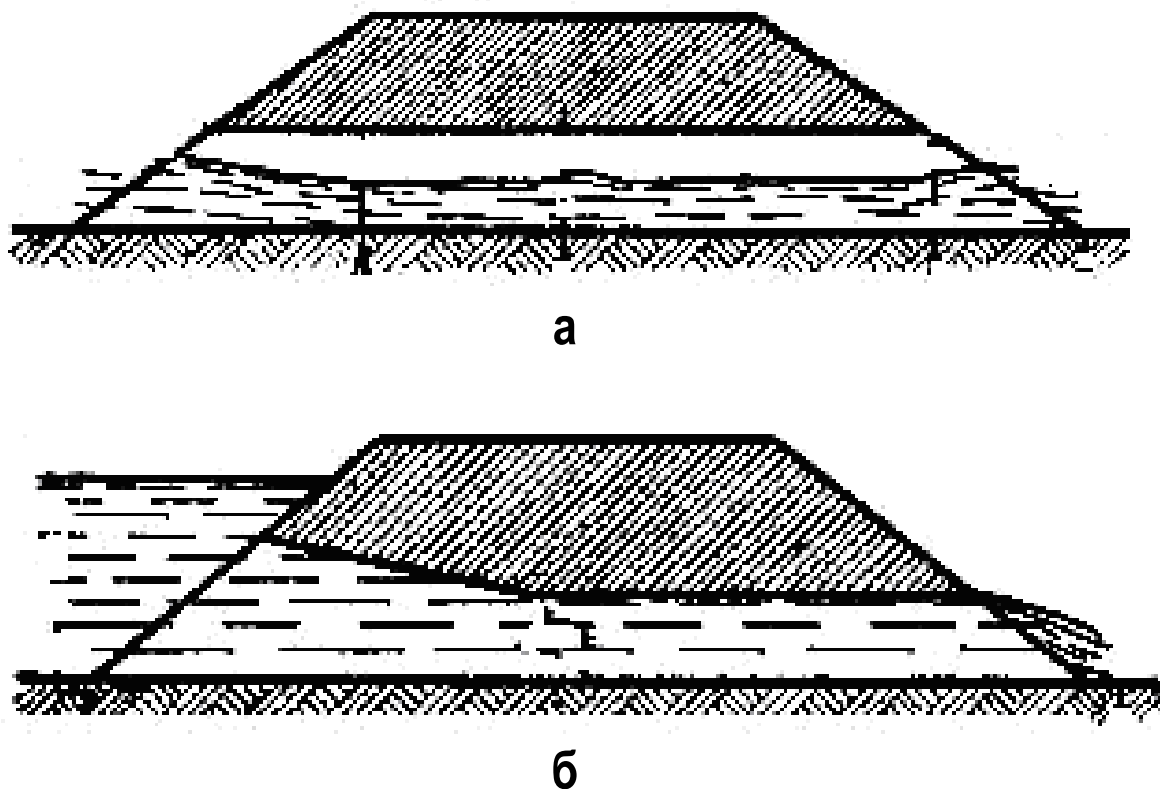


Рисунок 2.30 – Режимы работы трубы:
а – безнапорный; б – напорный

В напорных трубах горизонт подпертой воды настолько высок, что он обеспечивает работу трубы полным сечением. В безнапорных трубах отверстие полностью водой не заполняется.

По размеру мосты подразделяют на большие (длиной по настилу более 100 м или меньшей длины, но с пролетами не менее 30 м), средние (длиной по настилу от 30 до 100 м) и малые (длиной по настилу менее 30 м).

По расположению уровня проезда мосты бывают с проездом по верхнему и нижнему уровням.

В зависимости от статической схемы главных несущих элементов пролетных строений различают балочные, арочные, рамные и висячие системы мостов. В балочной системе моста (рис. 2.31, а) пролетное строение при действии нагрузки работает на изгиб и передает на опоры вертикальное давление.

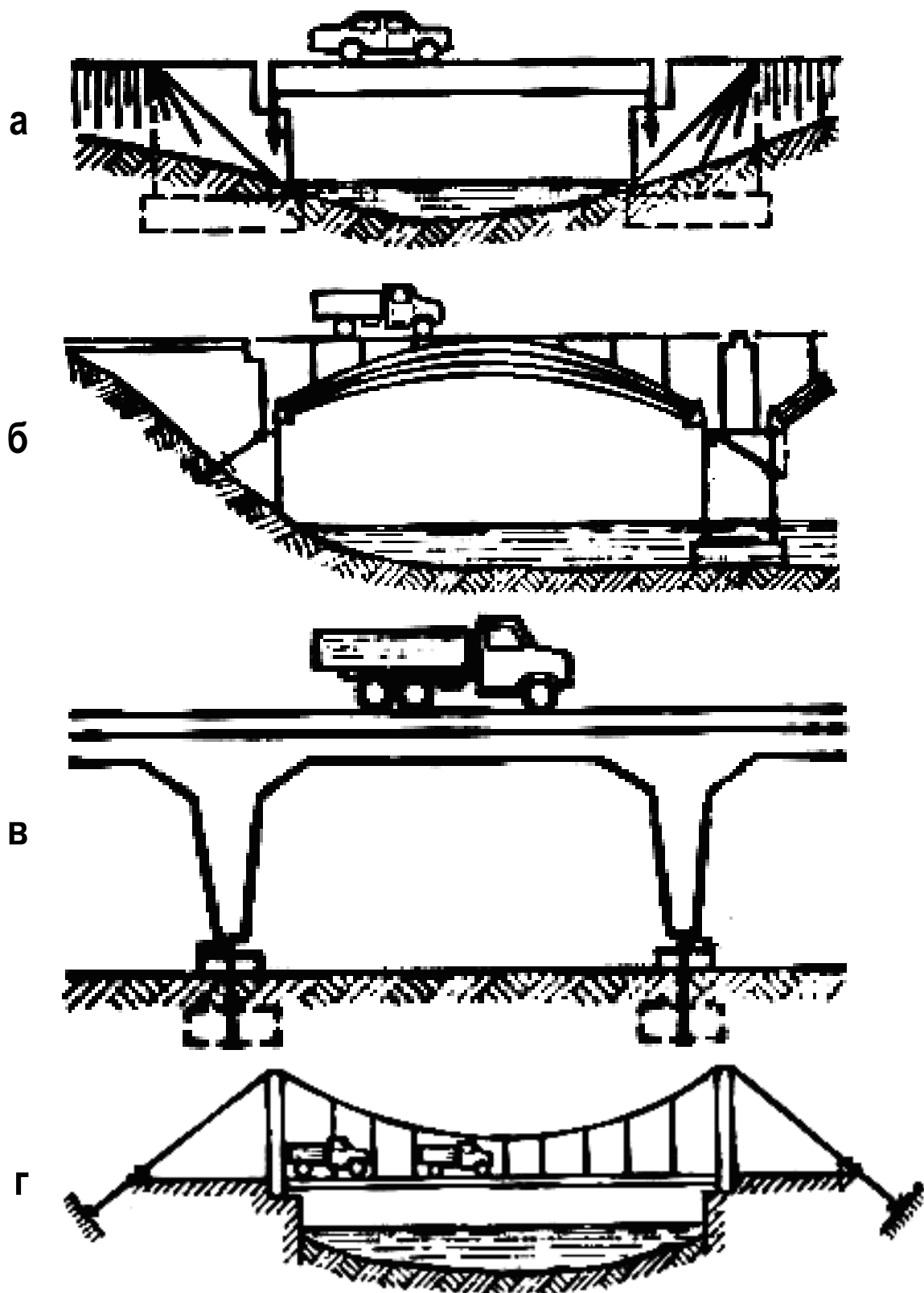


Рисунок 2.31 – Виды мостов в зависимости от статической схемы главных несущих элементов пролетных строений: а – балочные; б – арочные; в – рамные; г – висячие

В арочных мостах (рис. 2.31, б) арка работает на сжатие и изгиб. Она передает на опоры наклонные усилия, которые раскладываются на вертикальные и горизонтальные составляющие (распор).

В рамных мостах (рис. 2.31, в) пролетные строения и опоры жестко связаны между собой составляя одно целое. В опорных частях рамных мостов при изгибе балки также возникает распор.

В висячих мостах (рис. 2.31, г) пространство между опорами перекрывается канатами или цепями, на которых подвешена проезжая часть моста с помощью подвесок. В отличие от арочных мостов распор в висячих мостах направлен в сторону пролета.

Путепроводы (рис. 2.32) сооружают в местах пересечения одной автомобильной дороги другой, а также с улицей, железнодорожными или трамвайными путями.



Рисунок 2.32 – Путепровод

Тоннели на внегородских автомобильных дорогах устраивают обычно в горной местности: при перевале через горные хребты или трассировании вдоль крутых косогоров, в районе оползней, осыпей, обвалов, крутых горных выступов и т. п. В городских условиях автодорожные тоннели иногда сооружают на пересечении улиц с интенсивным автомобильным движением. Реже встречаются подводные тоннели, прокладываемые взамен мостов.

Эстакады (рис. 2.33) устраивают взамен высокой насыпи или дамбы или для проведения дороги над поверхностью земли, чтобы нижележащее пространство использовать для проезда, застройки и других целей. К эстакадам часто прибегают в городах для беспрепятственного пропуска скоростного автомобильного движения выше уровня местного движения.

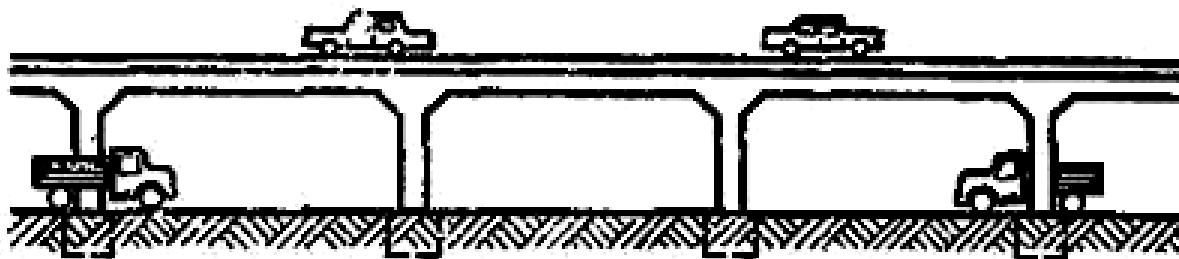


Рисунок 2.33 – Эстакада

Виадук (рис. 2.34) устраивают при большой глубине пересекаемого естественного препятствия. Их длина определяется рельефом местности и требованиями продольного профиля дороги. Виадук через узкие и глубокие ущелья проектируют однопролетными, чтобы исключить дорогостоящие высокие промежуточные опоры.

Мосты-плотины иногда сооружают на дорогах с целью использования плотин водохранилища для проезда через лощины или балки. Воду пропускают через водосбросное сооружение или шлюзы, которые открывают во время паводка для удаления излишней воды из хранилища. Плотины крупных гидроэлектростанций используют также для пропуска автомобильного и железнодорожного транспорта.

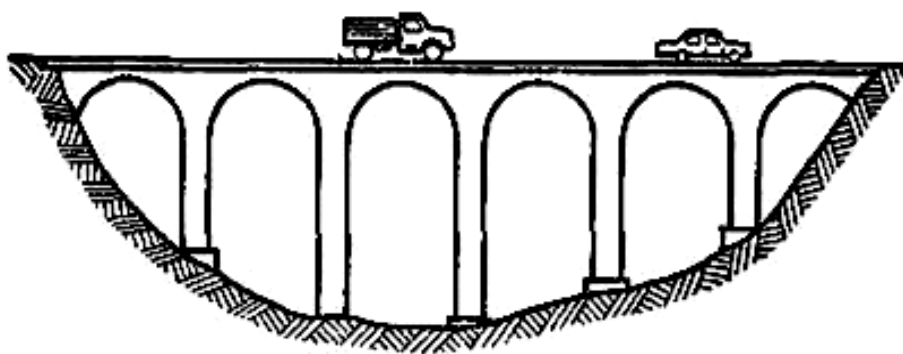


Рисунок 2.34 – Виадук

По роду материала пролетных строений мосты бывают деревянные, каменные, бетонные и железобетонные.

По капитальности мосты и трубы подразделяют на постоянные и временные. К постоянным относят мосты из долговечных материалов: камня, бетона, железобетона и металла. Эти мосты обеспечивают круглогодичное и непрерывное движение транспортных средств (грузовых и легковых автомобилей и др.).

К временным относят деревянные трубы и мосты с деревянным пролетным строением, а также мосты, не обеспечивающие непрерывности и круглогодичного движения: наплавные и низководные. Эти сооружения можно применять при незначительной интенсивности движения.

Наплавные мосты устраивают на плавучих опорах-понтонках. Наплавные мосты нежелательны на судоходных и сплавных реках. Однако, в случае их устройства приходится предусматривать специальные выводные участки, через которые проходят суда.

2.10 Обустройство автомобильных дорог

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

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

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

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

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

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

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

Для повышения безопасности дорожного движения устанавливают дорожные знаки, бордюры безопасности, ограждения, сигнальные направляющие столбики, выполняют разметку дорожных покрытий. Особым мероприятием является освещение автомобильных дорог. Ночью, как правило, возникает больше дорожно-транспортных происшествий, чем днем, хотя интенсивность движения ночью меньше. Освещение дорог резко снижает число дорожно-транспортных происшествий.

Совершенствование эксплуатации дорог при большой интенсивности движения в современных условиях возможно только при создании систем управления и регулирования дорожного движения. Современные достижения электроники позволяют использовать приборы для сбора информации о движении, управлять транспортным потоком в пределах отдельных участков или сети дорог, задавая оптимальные режимы движения. Для правильного и своевременного проведения работ по содержанию и ремонту дорог, инженерных сооружений, организации управления и регулирования дорожного движения необходимо точно знать условия и дорожную обстановку.

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

3 ХАРАКТЕРИСТИКИ ТРАНСПОРТНО-ЭКСПЛУАТАЦИОННОГО СОСТОЯНИЯ ДОРОГ И ГОРОДСКИХ УЛИЦ

3.1 Основные транспортно-эксплуатационные показатели автомобильной дороги

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

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

К **первой группе** показателей относят: интенсивность, состав и объем движения; пропускную и провозную способность автомобильной дороги; скорость движения и время сообщения.

Интенсивность движения N – количество автомобилей, проходящее через некоторое сечение автомобильной дороги за единицу времени (час, сутки). Интенсивность является очень важным и сложным показателем, изменяющимся во времени (в течение часа, суток, недели, месяца и года). В зависимости от интенсивности движения устанавливается категория автомобильной дороги, выбираются сроки выполнения ремонта дороги и мероприятия по организации движения.

Объем движения – суммарное количество автомобилей, прошедшее через данный участок дороги за определенный период времени, измеряемый путем непрерывных наблюдений.

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

Грузонапряженность дороги (брутто) Q – суммарная масса грузов и транспортных средств, прошедших по данному участку дороги в обоих направлениях в единицу времени. Грузонапряженность измеряется в тоннах в год (т/год) или в тоннах в сутки (т/сут.).

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

Пропускная способность автомобильной дороги P – максимальное количество автомобилей, которое может пропустить данный участок дороги или дорога в целом в единицу времени. Обычно пропускная способность измеряется в автомобилях в час (авт./ч). Этот показатель является важнейшим в проектировании поперечного профиля и геометрических элементов дороги.

Провозная способность дороги M – максимальная масса грузов или количество пассажиров, которые могут быть перевезены через данный участок автомобильной дороги в единицу времени; измеряется в пассажирах в час (пасс./ч) или в тоннах в час (т/ч).

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

Скорость движения v – важнейший качественный показатель транспортной работы автомобильной дороги и ее состояния.

Скорость движения и автомобиля определяется по формуле:

$$v = \frac{2 \cdot \pi \cdot r_k \cdot n_e}{i_0 \cdot i_k}, \quad (3.1)$$

где r_k – радиус качения колеса, м;

n_e – частота вращения вала двигателя, мин^{-1} ;

i_k – передаточное число коробки передач;

i_0 – передаточное число главной передачи.

Тяговое усилие $F_k(H)$ для данной скорости движений находится по формуле:

$$F_k = \frac{M_e \cdot i_k \cdot i_0 \cdot \eta_{тр}}{r_k}, \quad (3.2)$$

где M_e – крутящий момент на валу двигателя, Н·м;

$\eta_{тр}$ – механический КПД трансмиссии.

Тяговые качества автомобиля характеризуются динамическим фактором. Имея тяговую характеристику (рис. 3.1) и зная основные конструктивные параметры машины, можно определить его динамический фактор.

Динамический фактор – это отношение силы тяги автомобиля на ведущих колесах, уменьшенной на силу сопротивления воздушной среды, к полному весу машины. **Динамический фактор (D)** характеризует резерв тягового усилия движущегося автомобиля на единицу его веса, которое может быть использовано на преодоление дорожных сопротивлений и ускорение движения автомобиля (поезда). Он определяется по формуле:

$$D = \frac{P_a - P_v}{G_a}, \quad (3.3)$$

где P_a – полная сила тяги на ведущих колесах автомобиля, Н;

P_v – сопротивление воздушного потока, Н;

G_a – полный вес автомобиля, Н.

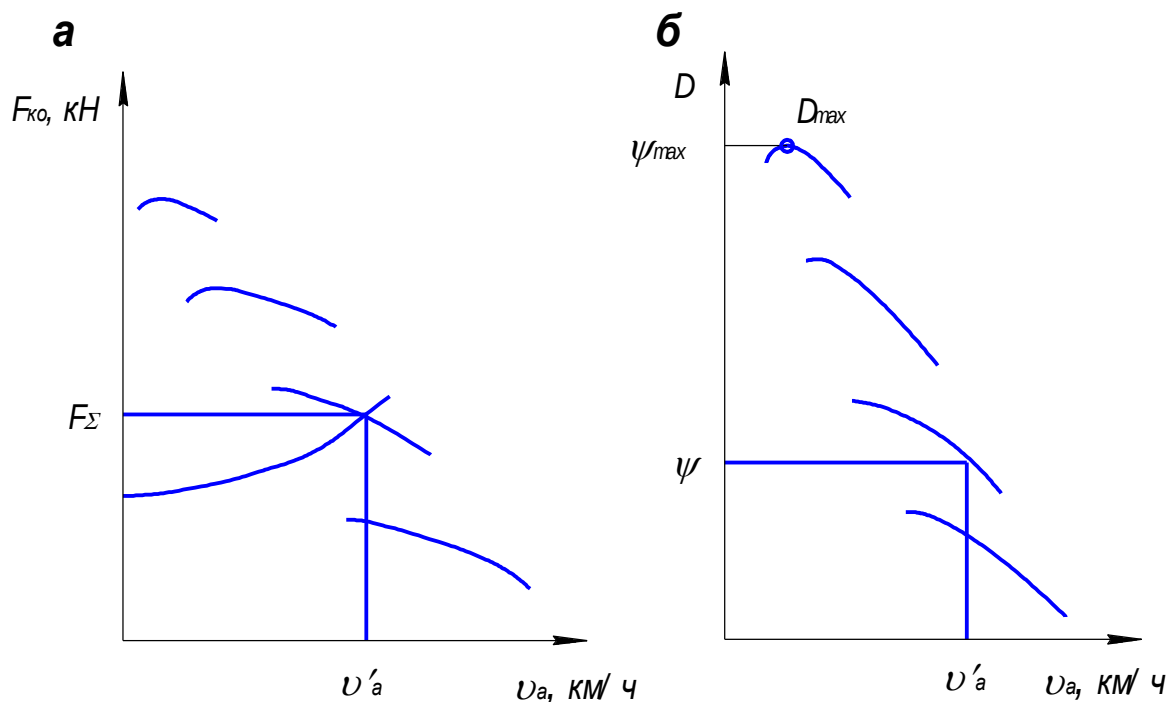


Рисунок 3.1 – Тяговая (а) и динамическая (б) характеристики автомобилей (автомобильного поезда)

В зависимости от целей и задач, при решении которых используют показатель скорости движения, различают следующие виды скоростей: расчетную, конструктивную, мгновенную, эксплуатационную, техническую, расчетную, принимаемую при организации движения, оптимальную, нормируемую.

Расчетной скоростью называют максимальную безопасную скорость движения одиночного автомобиля на сухом покрытии при достаточном расстоянии видимости, допускаемую на дороге рассматриваемой категории. На эту скорость проектируют все геометрические элементы автомобильных дорог и, в первую очередь, элементы плана и продольного профиля дороги. Значение расчетной скорости устанавливается на основе технико-экономических расчетов.

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

Мгновенные скорости движения – это фактические скорости, измеренные в конкретных створах дороги. Поэтому они представляют собой скорости движения одиночных автомобилей или потока автомобилей на данном коротком участке дороги в рассматриваемый промежуток времени. Значение мгновенной скорости характеризует фактические условия движения в конкретном месте дороги и в данный момент времени.

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

Техническая скорость показывает среднюю скорость на данном маршруте без учета задержек, вызванных наличием пересечений в одном уровне или другими факторами, и определяется в основном размерами геометрических элементов дороги. По этой скорости можно оценивать условия движения на отдельных маршрутах и комплексное влияние дорожных условий на скорость движения. Значение технической скорости во многом определяется видом транспортных средств, поэтому она существенно зависит от состава движения.

Расчетная скорость, принимаемая при организации движения, представляет собой скорость, на которую рассчитывают работу всех систем управления движением и на основе которой выбирают вид дорожного знака и размеры элементов разметки проезжей части. Обычно эту скорость принимают равной скорости 85 %-й обеспеченности, т. е. скорости, которую превышает 15 % автомобилей. К этой скорости также относят значение ограничения минимальной или максимальной скорости, выбираемой в зависимости от местных условий движения.

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

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

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

Время сообщения – продолжительность движения по рассматриваемому маршруту (дороге) без учета остановок в пути; учитываются только задержки, вызванные наличием других автомобилей и ожиданием на перекрестках; измеряется в часах или минутах.

Удельное время сообщения (темп движения) – средняя продолжительность (в минутах) проезда одного километра дороги транспортным потоком; определяют на основе средней скорости сообщения и измеряют в минутах на километр (мин/км).

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

Прочность дорожной одежды и земляного полотна – характеристика несущей способности дорожной одежды, рассматриваемой конструкции, оценивается модулем упругости E (МПа).

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

Ровность дорожного покрытия S – качественное состояние поверхности проезжей части, обеспечивающее высокие транспортно-эксплуатационные свойства дороги (комфортабельность, безопасность). Оценивается по сравнению с установленной нормой колебаний по высоте в поперечном и продольном профилях, измеряется по размеру просвета между поверхностью покрытия и рейкой в продольном и шаблонном – в поперечном направлениях или с помощью специальных приборов; при использовании толчкомера, суммирующего сжатие задних рессор автомобиля на пути в 1 км. Ровность измеряют в сантиметрах на километр (см/км).

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

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

Износостойкость дорожного покрытия – показатель, характеризующий сопротивляемость дорожных покрытий воздействию автомобильного движения, измеряют в миллиметрах в год (мм/год).

К третьей группе показателей относят: надежность, проезжаемость, срок службы дороги, относительную аварийность; коэффициенты аварийности и безопасности, расстояние видимости.

Надежность автомобильной дороги – показатель, характеризующий вероятность безотказной работы автомобильной дороги. При этом безотказность может характеризоваться с точки зрения прочности дорожной одежды, пропускной способности дороги, расчетной скорости и др.

Проезжаемость дороги – возможность движения по дороге с заданной скоростью в различные периоды года.

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

Относительная аварийность – показатель, характеризующий уровень аварийности на дороге, выражается в количестве происшествий на 1 млн. прошедших автомобилей. Этот показатель позволяет оценивать степень опасности *отдельных участков дорог*.

Коэффициент аварийности $K_{ав}$ – безразмерный показатель, применяемый для выявления опасных участков дорог, имеющих различные комбинации условий движения; представляет собой отношение числа дорожно-транспортных происшествий на 1 млн. км суммарного пробега автомобилей на каком-либо участке дороги к числу происшествий на горизонтальном прямом участке с ровным шероховатым покрытием шириной 7,5 м и укрепленными обочинами.

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

Обеспеченность видимости на дороге – показатель, характеризующий количество участков с необеспеченной видимостью по отношению к протяжению дороги (в процентах).

К **четвертой группе** показателей относят себестоимость перевозок и потери народного хозяйства от дорожно-транспортных происшествий.

Себестоимость перевозок – показатель эффективности работы автомобильного транспорта в рассматриваемых дорожных условиях, измеряют в стоимостных единицах, отнесенных к 1 т·км, 1 авт.·ч, 1 авт.·км [коп./ (т·км), коп./ (авт.·ч), коп./ (авт.·км)].

Дорожная составляющая себестоимости перевозок – условный показатель, характеризующий долю расходов на ремонт

и содержание дорог в общей себестоимости.

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

Потери от дорожно-транспортных происшествий – показатель, характеризующий потери народного хозяйства страны от гибели и ранения людей, порчи грузов и автомобилей.

Для комплексной оценки транспортно-эксплуатационных качеств автомобильных дорог используется система технико-экономических показателей состояния дороги и условий движения на ней. Показатели состоят из четырех групп: I группа используется для оценки технического состояния дороги и степени ее пригодности для выполнения своих функций; II группа – для оценки степени безопасности движения на дороге; III группа – для оценки дороги в отношении обслуживания автомобильного транспорта и соответствия, дороги той категории, к которой она отнесена; IV группа – для оценки дороги в отношении обеспечения ее обустройства для обслуживания проезжающих и предоставления им необходимых удобств.

3.2 Факторы, взаимодействие дороги и автомобиля

Автомобильная дорога работает под влиянием большого количества факторов, которые необходимо учитывать при ее проектировании и организации, работ по ремонту и содержанию. После ввода в эксплуатацию на дорогу одновременно воздействуют: нагрузки от проходящих автомобилей и других транспортных средств, грунтовые и поверхностные воды, погодно-климатические факторы, а также хозяйственная деятельность людей в районе проложения дороги.

Строительство любой автомобильной дороги способствует развитию народного хозяйства районов, по которым она проходит: появляются новые населенные пункты, предприятия, активизируется и совершенствуется хозяйственная деятельность, социальная и культурная жизнь существующих населенных пунктов, улучшается связь села с городом, между населенными пунктами, районами и областями. Это приводит к росту интенсивности движения и нагрузок на дорогу, что ускоряет ее износ.

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

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

Отрицательное влияние на устойчивость верхнего слоя дорожного покрытия оказывает процесс резкого торможения большегрузных автомобилей. Примером такого отрицательного воздействия являются волны – «*гребенка*» на автобусных и, особенно, троллейбусных остановках.

Основной враг дороги – вода. Переувлажнение низа дорожной одежды и земляного полотна приводит к быстрому разрушению дороги и нарушению нормального транспортного процесса. Замерзающая вода разрушает верхние слои покрытия, поэтому одной из основных задач дорожников является обеспечение отвода от дороги воды как поверхностной, так и грунтовой. Сохранность дороги зависит от того, насколько эффективно работает вся система водоотвода.

Устойчивость конструктивных элементов дороги также зависит от погодных-климатических условий района проложения дороги. Наиболее подвержены погодным-климатическому воздействию грунтовые дороги, а также плохо уплотненные щебеночные и гравийные покрытия, несущая способность которых резко уменьшается при их переувлажнении. Туман, гололед, снежные заносы, паводки могут резко ухудшить транспортно-эксплуатационные качества и более капитальных дорог, даже прервать проезд по ним.

В районах с жарким климатом высокая температура на поверхности дорожного покрытия, достигающая порой до 70...80 °С, размягчает асфальтобетон, а в результате проезда автомобилей происходит деформация верхнего слоя покрытия, снижается ровность, резко меняются сцепные качества дорожного покрытия.

Поэтому при проектировании и эксплуатации автомобильных дорог необходимо детально учитывать влияние погодных-климатических условий.

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

3.3 Взаимодействие дороги и автомобиля

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

Особенно сложным является движение автомобиля на подходах к кривым в плане и на самих кривых, в пределах которых автомобиль совершает вращательное движение вокруг вертикальной оси. На этих участках возникают боковые силы, действующие как на автомобиль, так и на верхний слой дорожного покрытия и оказывающие большое влияние на устойчивость автомобиля. В связи с этим кривые в плане и подходы к ним проектируют в первую очередь, из условия обеспечения устойчивого движения автомобиля, предупреждения его опрокидывания и заноса. Таким образом, при движении автомобиля по дороге действует система сил, различных по направлению и величине.

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

Траектория и скоростной режим автомобиля во многом зависят от того, насколько детально учтены при проектировании элементов автомобильных дорог психофизиологические характеристики водителя. Если водитель не имеет затруднений в оценке направления дороги, то он правильно выбирает траекторию движения на проезжей части и скоростной режим. Ошибки в действиях водителя, особенно при узкой проезжей части, приводят к тому, что автомобили заезжают на обочину, тем самым, разрушая кромку проезжей части, обочину и само дорожное покрытие.

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

Особенно ухудшается взаимодействие колеса с дорогой при наличии водяной пленки на поверхности покрытия. Ухудшается сцепление шины колеса с покрытием, а при высоких скоростях (более 80 км/ч) возникает так называемое явление аквапланирования, заключающееся в поднятии передних колес автомобиля за счет действия водяного клина и потери управляемости автомобилем.

Появление большегрузных и скоростных грузовых автомобилей привело к неприятному для водителей легковых автомобилей явлению при движении по влажному покрытию – возникновению водяного облака. Для предупреждения появления вокруг грузового автомобиля водяного облака устраивают так называемый дренаж – асфальт – покрытие, в которое уходит часть воды из зоны контакта шины колеса с покрытием. На автомобилях сбоку и сзади устанавливают специальные защитные щитки.

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

3.4 Характеристики поверхности дороги и движение автомобилей

Сопротивление качению. Взаимодействие автомобиля и дороги представляет собой сложный процесс, анализ которого позволяет оценить устойчивость автомобиля, влияние внешней среды на условия движения и механические воздействия на дорожную одежду. Указанное взаимодействие можно характеризовать следующими основными показателями: величиной нагрузки; средним удельным давлением колес на дорогу; частотой приложения нагрузки; прогибом; сопротивлением качению; сцеплением колеса с покрытием и др.

Сила сопротивления качению представляет собой сумму сил, затрачиваемых на преодоление внутреннего трения в материале шин при их деформации, на деформацию дороги, на трение поверхности шин о дорогу, на трение в подшипниках неведущих колес и между деталями подвески при ее деформации.

Наиболее часто встречающиеся покрытия можно разделить на три группы: твердые и ровные (асфальтобетонное, цементобетонное), твердые с неровностями (щебеночное, гравийное и булыжное) и неровные деформируемые (грунтовое). Для твердых и ровных покрытий сопротивление качению определяется, главным образом, потерями на гистерезис при деформации шины и ее трением о дорогу. Поэтому повышение давления воздуха в шине будет снижать потери на качение. При движении по твердым с неровностями покрытиям к этому добавляются потери энергии на удар о выступы дороги. Для грунтовой дороги сопротивление качению в основном определяется потерей энергии на деформацию дороги и, кроме того, часть энергии затрачивается на проскальзывание шины и удары о неровности; в этом случае потери на деформацию шины имеют несущественное значение. Деформация дороги зависит от твердости покрытия, что определяется его толщиной и качеством основания, применяемыми в них материалами и величиной удельного давления шины на дорогу. Поэтому снижение давления воздуха в шине приведет к уменьшению потерь.

На рисунке 3.2 показаны три состояния колеса автомобиля при его взаимодействии с твердой дорожной поверхностью. При неподвижном колесе, нагруженном только вертикальной силой G_k (рис. 3.2, а), эпюра распределения давления в контакте симметрична относительно вертикальной оси, проходящей через ось колеса. Поэтому суммарная нормальная реакция R дороги располагается на оси симметрии.

В процессе вращения шины под действием горизонтальной толкающей силы P'_k (рис. 3.2, б) участки протектора последовательно входят в зону контакта и выходят из нее. Элементы передней части, по направлению вращения колеса, деформирующегося участка шины сжимаются, а задней – расширяются. Работа, затрачиваемая на сжатие элементов шины, из-за наличия гистерезисных потерь больше работы, которая возвращается при их расширении, поэтому эпюра распределения давлений в опорной поверхности изменяется и будет несимметричной, а суммарная нормальная реакция R сместится в направлении качения колеса на величину a . Кроме того, в зоне контакта колеса с дорогой возникает сила T сопротивления качению. Моментом сопротивления воздуха вращению колеса и потерями мощности в подшипниках колеса пренебрегаем из-за их малости. Для упрощения анализа рассматриваем вращение колеса с постоянной скоростью, что позволяет не учитывать влияние инерции колеса.

Уравнение равновесия колеса относительно оси его вращения будет:

$$T \cdot r_k = M_k = R \cdot a, \quad (3.4)$$

или

$$T = R \cdot \frac{a}{r_k} = f \cdot G_k, \quad (3.5)$$

где f – коэффициент сопротивления качению ведомого колеса.

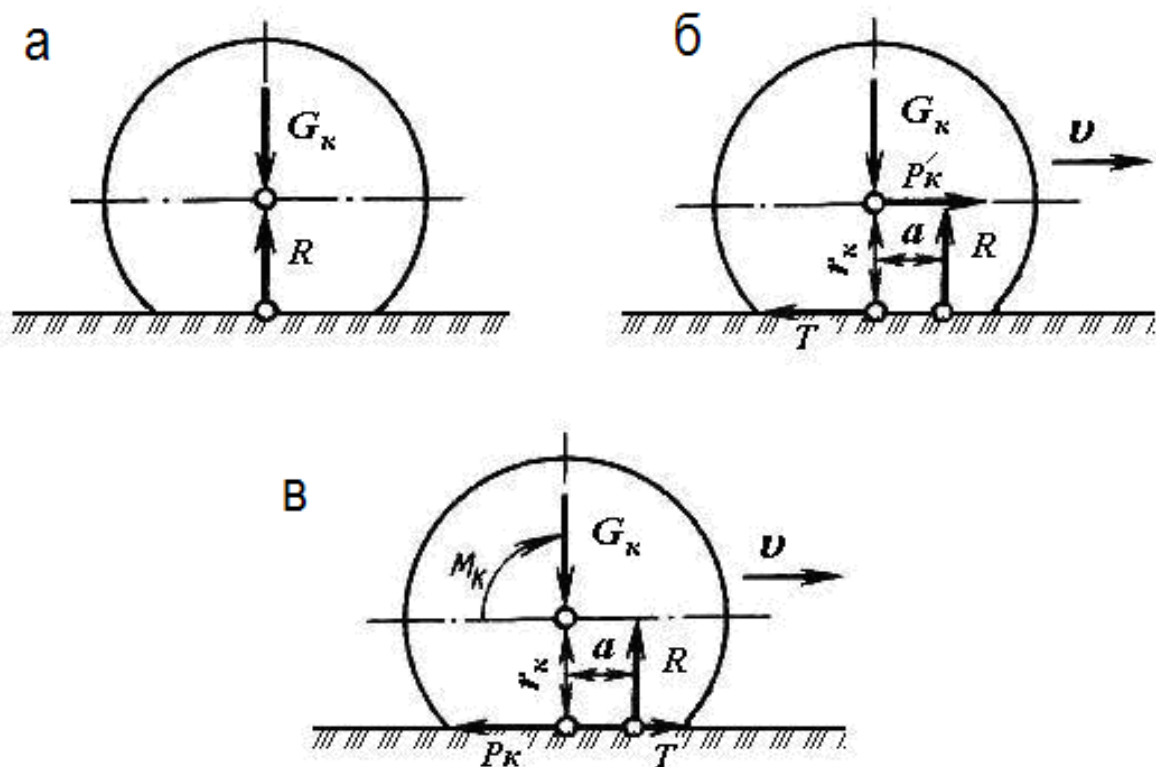


Рисунок 3.2 – Схема сил, передаваемых на дорожную одежду от колеса:
а – неподвижного; б – ведомого; в – ведущего

Таким образом, сила T , необходимая для качения колеса и равная силе P'_k сопротивления качению, может быть подсчитана как произведение коэффициента f сопротивления качению на вертикальную силу G_k .

При вращении ведущего колеса (рис. 3.2, в) к рассмотренной схеме сил добавляется крутящий момент M_k , подведенный к колесу полуосью; в результате возникает в зоне контакта окружная сила P_k , направленной в сторону, обратную движению. Сила P_k вызывает горизонтальную силу реакции T , представляющую собой силу трения в плоскости контакта колеса с покрытием. При этом $T = P_k$.

При действии вертикальной силы P_k возникает сила реакции R , которая располагается на расстоянии a впереди по ходу движения автомобиля. Значение P_k составляет: для грузовых автомобилей $(0,65-0,70)G$; для легковых $(0,50-0,55)G$, где G – общий вес автомобиля, Н.

Тяговый момент M_T вызывает окружную деформацию шины, при которой радиальные слои искривляются; сдвиг точек радиального слоя равен нулю на ободу колеса и наибольший в центре контакта шины с опорной поверхностью. Это явление приводит к тому, что обод колеса несколько поворачивается относительно опорной поверхности без поступательного перемещения колеса. В передней части шины резина сжимается, а в задней растягивается еще больше, что приводит к дополнительному перераспределению давлений на дорогу.

Крутящий момент M_K на ведущих колесах, передаваемый от двигателя автомобиля при установившемся движении можно определить по формуле:

$$M_K = M_e \cdot i_K \cdot i_0 \cdot \eta_{тр}, \quad (3.6)$$

где M_e – эффективный крутящий момент двигателя, Нм;

i_K – передаточное число коробки передач;

i_0 – передаточное число главной передачи;

$\eta_{тр}$ – механический коэффициент полезного действия трансмиссии.

Крутящий момент M_K при установившемся движении автомобиля может быть определен также с учетом окружной силы P_K и радиуса качения пневматического колеса r_K :

$$M_K = P_K \cdot r_K. \quad (3.7)$$

При этом:

$$r_K = \lambda \cdot r, \quad (3.8)$$

где r – свободный радиус недеформированного колеса, м;

λ – коэффициент уменьшения радиуса колеса в зависимости от жесткости шин.

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

Можно записать:

$$\mathbf{R} = \mathbf{G}_k; \quad (3.9)$$

$$\mathbf{M}_k = \mathbf{T} \cdot \mathbf{r}_k + \mathbf{R} \cdot \mathbf{a}, \quad (3.10)$$

где $\mathbf{a}$ – расстояние до точки приложения силы реакции $\mathbf{R}$ (рисунок 3.2),

Отсюда:

$$\mathbf{T} = \frac{\mathbf{M}_k}{\mathbf{r}_k} - \mathbf{R} \cdot \left(\frac{\mathbf{a}}{\mathbf{r}_k} \right). \quad (3.11)$$

Так как:

$$\frac{\mathbf{M}_k}{\mathbf{r}_k} = \mathbf{P}_k, \quad (3.12)$$

то:

$$\mathbf{T} = \mathbf{P}_k - \mathbf{G}_k \cdot \left(\frac{\mathbf{a}}{\mathbf{r}_k} \right), \quad (3.13)$$

Обозначим:

$$\frac{\mathbf{a}}{\mathbf{r}_k} = \mathbf{f}_k; \quad \mathbf{G}_k \cdot \left(\frac{\mathbf{a}}{\mathbf{r}_k} \right) = \mathbf{G}_k \cdot \mathbf{f}_k = \mathbf{P}_{fk},$$

где $\mathbf{f}_k$ – коэффициент сопротивления качению задних (ведущих) колес;

$\mathbf{P}_f$ – сила сопротивлению ведущих колес, Н.

Отсюда:

$$\mathbf{T} = \mathbf{P}_k - \mathbf{P}_{fk}. \quad (3.13)$$

Для ведомого колеса будем иметь (рисунок 3.2, б):

$$\mathbf{G}_k = \mathbf{R}; \quad \mathbf{P}_k = \mathbf{T}; \quad \mathbf{R} \cdot \mathbf{a} = \mathbf{P}_k \cdot \mathbf{r}_n,$$

где $\mathbf{r}_n$ – радиус качения ведомого (переднего) колеса, м.

Отсюда:

$$P_k = R \cdot \left(\frac{a}{r_n} \right); \quad R = G_k \cdot P_k = G_k \cdot f_n \quad P_k = P_{fn}, \quad (3.14)$$

где P_{fn} – сила сопротивления качению ведомых (передних) колес, Н;
 f_n – коэффициент сопротивления качению ведомых (передних) колес.

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

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

$$f = \frac{a}{r_k}, \quad (3.15)$$

где a – смещение точки приложения нормальной реакции.

На ровных покрытиях сопротивление качению снижается с возрастанием давления воздуха в шине и прочности дорожных одежд (рис. 3.3).

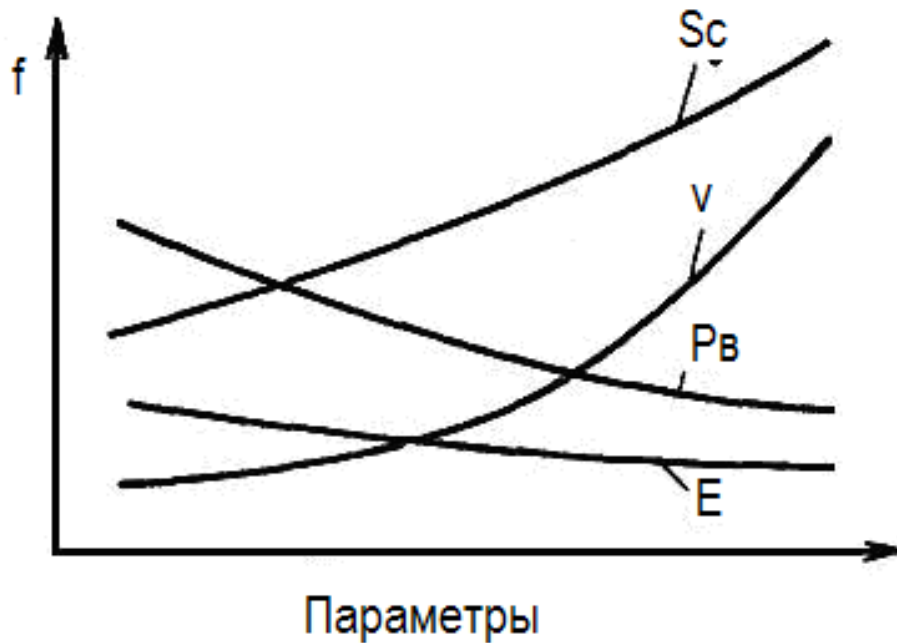


Рисунок 3.3 – Зависимость сопротивления качению от прочности E , ровности S_c , скорости v и внутреннего давления воздуха в шине p_v

При низких скоростях коэффициент f почти не меняется и для скорости до 50 км/ч его можно принять постоянным. При дальнейшем росте скорости коэффициент f повышается, так как шина в зоне контакта с покрытием не успевает полностью распрямиться и колесу возвращается меньшая доля энергии, затраченной на деформирование шины. Кроме того, при увеличении скорости деформации возрастает внутреннее трение в шине. Зависимость коэффициента сопротивления качению от скорости движения автомобиля:

– легкового

$$f_v = f_0 \cdot [1 + (0,006 \cdot v)^2]; \quad (3.16)$$

– грузового

$$f_v = 0,001 \cdot \left(1 + \frac{v}{160}\right), \quad (3.17)$$

где v – расчетная скорость движения автомобиля, км/ч;

f_0 – коэффициент сопротивления качению при скорости движения автомобиля до 50 км/ч.

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

$$T = \varphi_T \cdot R \quad \text{или} \quad T = \varphi_T \cdot G_K,$$

где φ_T – коэффициент трения протектора шины по дорожной поверхности.

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

$$T = S \cdot \varphi_T \cdot K_{\text{ж}} \cdot p_{\text{в}}, \quad (3.18)$$

где S – площадь отпечатка колеса, м^2 ;

$K_{\text{ж}}$ – коэффициент, учитывающий упругость шины;

$p_{\text{в}}$ – внутреннее давление воздуха в шине, Па.

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

$$\varphi = \frac{T}{G_{\text{сц}}}, \quad (3.19)$$

где $G_{\text{сц}}$ – полный вес автомобиля, приходящийся на ведущую ось (сцепной вес), Н.

Коэффициент сцепления φ – это отношение максимального значения силы тяги на ободу колеса к весу автомобиля, приходящемуся на ведущую ось.

Различают следующие значения коэффициентов сцепления (рис. 3.4): φ – при движении в плоскости качения без скольжения и буксования; φ_1 – при движении в плоскости качения при скольжении и буксовании (коэффициент продольного сцепления) $\varphi_1 = (0,7-0,8)$; φ_2 – при боковом заносе (коэффициент поперечного сцепления) $\varphi_2 = (0,85-0,9,0)$ φ_1 или $\varphi_2 = (0,6-0,7)$ φ .

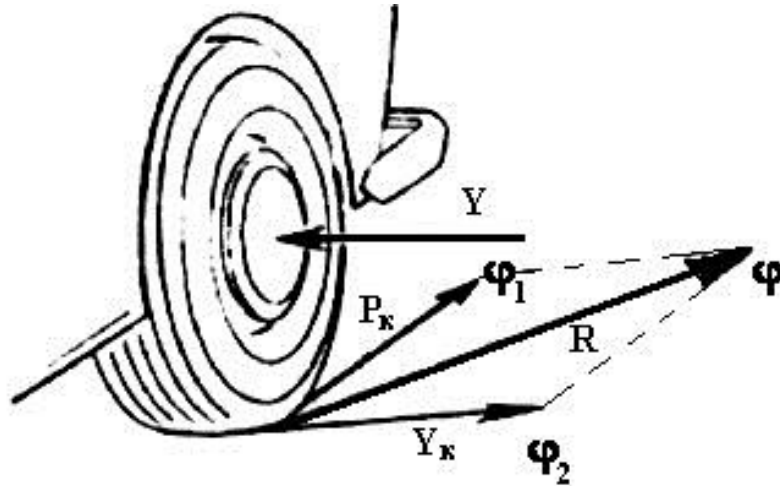


Рисунок 3.4 – Силы, действующие на криволинейных участках:

P_k – окружная сила (сила тяги); Y_k – поперечная сила

Между этими коэффициентами сцепления имеются следующие зависимости:

$$\begin{aligned} R &= G \cdot \varphi; & R^2 &= P_k^2 + Y_k^2; \\ G_k^2 \varphi^2 &= G_k^2 \varphi_1^2 + G_k^2 \varphi_2^2; & \varphi^2 &= \varphi_1^2 + \varphi_2^2. \end{aligned}$$

Отсюда:

$$\varphi_1 = \sqrt{\varphi^2 - \varphi_2^2}. \quad (3.20)$$

Значение φ зависит от типа и состояния покрытия, скорости, температуры и других факторов.

При торможении колеса автомобиля возникают часто большие касательные усилия (рис. 3.5).

Тормозная сила составляет:

$$P_{кт} = G_{кт} \cdot \varphi, \quad (3.21)$$

где $G_{кт}$ – вес автомобиля, приходящийся на тормозящие колеса.

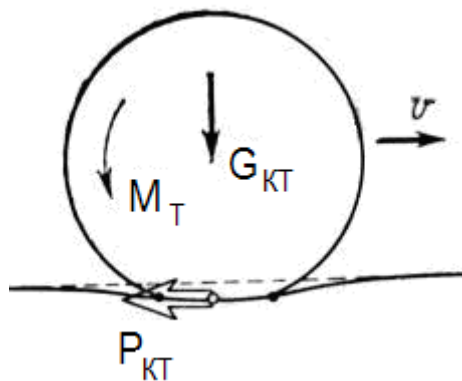


Рисунок 3.5 – Силы, действующие на покрытие дороги при торможении

Боковые касательные силы возникают при движении по криволинейным участкам дорог, при обгонах, боковом заносе, при сильном поперечном ветре, при наличии большого поперечного уклона проезжей части.

Действие касательных сил в зоне контакта шины колеса с покрытием приводит к истиранию и деформации покрытия и истиранию шины.

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

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

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

$$f = 0,01 + 1,2 \cdot 10^{-8} \cdot S_c \cdot v^2, \quad (3.22)$$

где S_c – показатель ровности по толчкомеру, см/км;

v – средняя скорость автомобиля, км/ч.

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

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

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

Сцепные качества обеспечиваются сочетанием макро- и микрошероховатости, но нормируется только макрошероховатость, которую обычно принимают за общую. Шероховатость существенно влияет на различие фактической площади контакта шины с покрытием от контурной, а через него и на сцепление колеса с покрытием.

Контурная площадь – это площадь контакта по выступам протектора шины, зависящая от конструкции шин, давления воздуха в них и нагрузки на колесо:

$$S_K = \frac{Q}{K_0 \cdot K_{ж} \cdot p_v}, \quad (3.23)$$

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

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

Коэффициент сцепления зависит и от ровности покрытия. С возрастанием скорости автомобиля по неровной поверхности деформация шины происходит не полностью. Площадь отпечатка будет уменьшаться с ростом скорости, что приводит к уменьшению сцепления колеса с покрытием.

3.5 Прочность и деформация дорожной одежды

Прочность дорожной одежды является наиболее важным показателем транспортно-эксплуатационного состояния автомобильной дороги, который необходимо регулярно оценивать в течение всего срока ее службы.

Прочностные качества дорожной одежды определяются, прежде всего, сопротивляемостью подстилающего грунта сжатию. Дорожная одежда должна распределять действующую на нее нагрузку от колеса автомобиля по возможности на большую площадь и предупреждать проникание воды, которая значительно ослабляет прочность грунтового основания.

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

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

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

При возрастании нагрузки или при временном снижении прочности грунтов основания в весенний и осенний периоды возникают постепенно накапливающиеся пластические малые деформации. В случае если их суммарное значение за период ослабленного состояния дорожной одежды превысит некоторые предельные значения, дорожная одежда разрушится.

Прочность одежды зависит от предельно допустимого прогиба, а также от количества приложений нагрузки за период ослабления дорожной одежды:

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

- при действии давления от колеса основание дорожной одежды сжимается в пределах активной зоны (зоны, в которой возможно перемещение грунта) и происходит прогиб дорожной одежды по некоторой криволинейной поверхности с образованием так называемой «чаши прогиба» (рис. 3.6).

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

При действии нагрузки (рис. 3.6) происходят сжатие 2 и уплотнение дорожной одежды, а в нижней части дорожной одежды – растяжение 3.

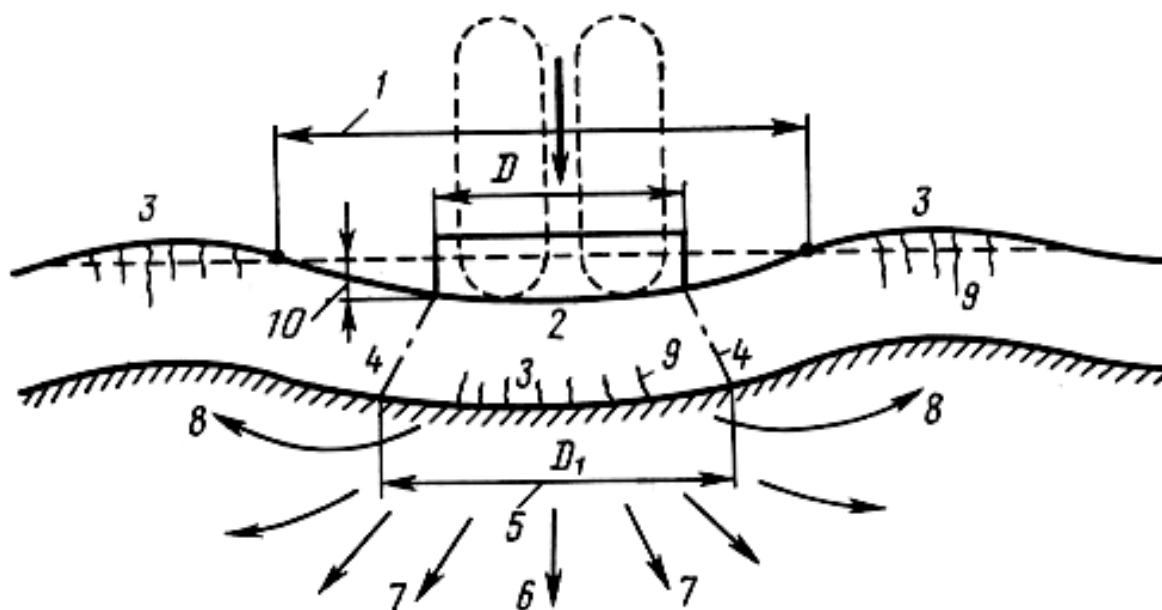


Рисунок 3.6 – Виды деформаций и разрушений дорожной одежды:

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

При превышении предельной прочности материалов верхних или нижних слоев дорожной одежды образуются трещины **9**.

По периметру зоны контакта шины колеса с покрытием действуют срезающие напряжения **4**, которые могут приводить при слабом основании и тонкой дорожной одежде к ее пролому или выкалыванию отдельных ее частей.

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

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

3.6 Виды деформаций покрытия и разрушений дорожной одежды

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

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

Основными видами деформаций и разрушений дорожной одежды являются:

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

- потери прочности дорожной одежды, вызванные непрерывным воздействием колес автомобилей и природно-климатических факторов. На потерю прочности большое влияние оказывают ошибки, допущенные при проектировании, строительстве и эксплуатации дорожных одежд, а также температурные деформации;

- просадки нежестких дорожных одежд в виде впадин, возникающие в результате местных просадок недоуплотненного грунта или слоев дорожной одежды. Особенно часто этот вид деформации появляется на въездах на мост, в местах прокладки под существующими дорогами водопропускных труб и трубопроводов;

- сквозные трещины, характерные для цементобетонных покрытий, когда на них образуются просадки. Трещины появляются чаще всего в местах просадок земляного полотна и связаны с несвоевременным ремонтом;

- проломы – разрушения дорожной одежды в виде длинных прорезей по полосам наката колес. Эти разрушения характерны для дорожных одежд переходного типа при проходе очень тяжелых автомобилей и снижении несущей способности основания дорожной одежды. Разрушению всей конструкции дорожной одежды предшествуют деформации и разрушение дорожных покрытий.

Покрытие является самой верхней частью дорожной одежды, на которую непосредственно действуют колеса автомобилей и погодно-климатические факторы.

Основными видами разрушений дорожного покрытия являются:

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

- **шелушение** (рис. 3.7, а) – обнажение поверхности покрытия за счет отделения поверхностных тонких пленок и чешуек материала покрытия, разрушенного воздействием воды и мороза. Этот вид дефекта наиболее характерен для жестких дорожных одежд,

где происходит отслоение цементного раствора с поверхности покрытия с последующим оголением крупного заполнителя. Такие разрушения в основном происходят при частом замораживании и оттаивании покрытия, особенно при использовании соли для предупреждения гололеда;

- **выкрашивание** (рис. 3.7, б) – разрушение покрытия за счет потери им отдельных зерен гравийного и щебеночного материала. Такое разрушение происходит на покрытиях всех типов в результате потери связи между зернами материала. Причиной выкрашивания могут быть плохое перемешивание материала и укладка в дождливую или холодную погоду;

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

- **волны** (рис.3.7, д) – деформация асфальтобетонных покрытий, обладающих пластичностью. Волны появляются под действием касательных сил в зоне контакта шины колеса с покрытием;

- **гребенка** (рис.3.7, е) – разрушение гравийных и щебеночных покрытий под действием движения тяжелых грузовых автомобилей. Гребенка представляет собой частое повторение выступов и впадин;

- **сдвиги** (рис.3.7, г) – деформации, которые происходят при действии касательных сил от колеса автомобиля. Сдвиги являются причиной отсутствия связи верхнего слоя покрытия с нижним;

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

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

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

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

- **выбоины** (рис. 3.7, в) – углубления со сравнительно крутыми краями, образовавшиеся в результате местного разрушения материала покрытия. Причиной выбоины является, как правило, плохое качество строительных работ.

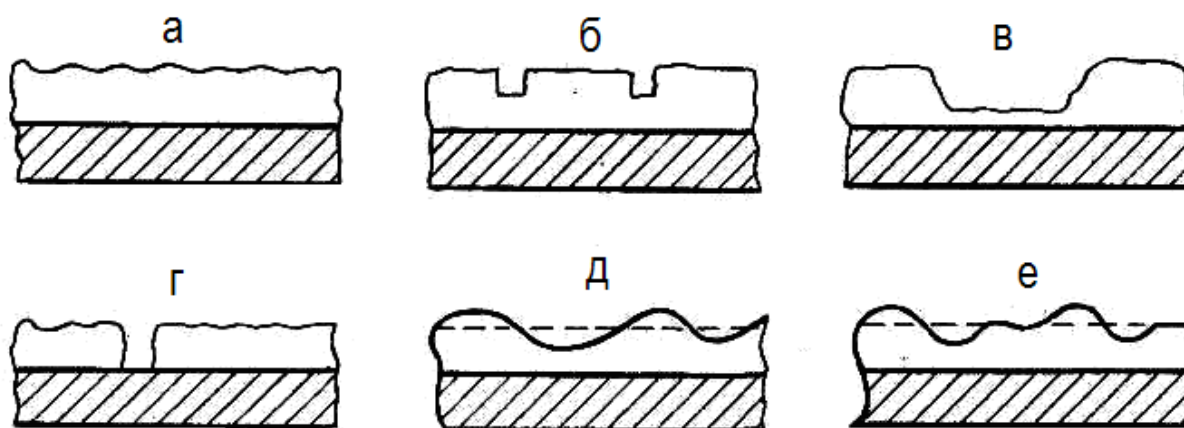


Рисунок 3.7 – Деформации и разрушения дорожных одежд:

а – шелушение; б – выкрашивание; в – выбоины; г – сдвиг; д – волны;
е – гребенка

3.7 Закономерности формирования транспортных потоков

На дорогах IV и V категорий, а также на значительной части дорог III категории, где уровень загрузки не превышает 0,2, средняя скорость свободного движения и средняя скорость транспортного потока практически совпадают.

Средняя скорость свободного движения скоростей автомобилей определяется из выражения:

$$\bar{v}_{св} = \sum_{i=1}^n \frac{v_i}{n}, \quad (3.24)$$

где n – число автомобилей, для которых измерены скорости;

v_i – мгновенная скорость i -го автомобиля на данном участке, км/ч.

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

Средняя скорость свободного движения автомобильного потока определяется из выражения:

$$\bar{v}_{св} = v_{\Phi \max} - t \cdot \sigma_{\Phi}, \quad (3.25)$$

где $v_{\Phi \max}$ – максимально возможная или безопасная обеспеченная скорость одиночного легкового автомобиля на данном участке при фактическом ее состоянии;

t – функция доверительной вероятности или гарантийный коэффициент;

σ_{Φ} – среднее квадратичное отклонение скорости свободного транспортного потока.

Значения t зависят от доверительной вероятности при одностороннем ограничении:

Доверительная вероятность, %	85,00	90,00	95,00	99,85
Расчетное значение t	1,04	1,28	1,64	3,0

Средняя скорость транспортного потока выражается как:

$$\bar{v} = \bar{v}_{св} - \Delta v, \quad (3.26)$$

где Δv – снижение скорости автомобилей под воздействием интенсивности и состава транспортного потока:

$$\Delta v = \alpha \cdot \beta \cdot N, \quad (3.27)$$

где α – коэффициент, учитывающий влияние интенсивности движения;

β – коэффициент, учитывающий состав транспортного потока (численно равен доле грузовых автомобилей, автобусов и автомобильных поездов, движущихся по полосе);

N – интенсивность движения, авт./сут. (для автомобильных магистралей принимается по каждому направлению отдельно).

Значения Δv зависят от интенсивности и состава движения (рис. 3.8). Таким образом, общая зависимость, связывающая различные значения скоростей автомобилей на дороге:

$$\bar{v} = v_{ф\max} - t \cdot \sigma_v - \alpha \cdot \beta \cdot N, \quad (3.28)$$

или

$$\bar{v} = 120 \cdot K_{p.c.} - t \cdot \sigma_v - \alpha \cdot \beta \cdot N. \quad (3.29)$$

Среднее квадратичное отклонение

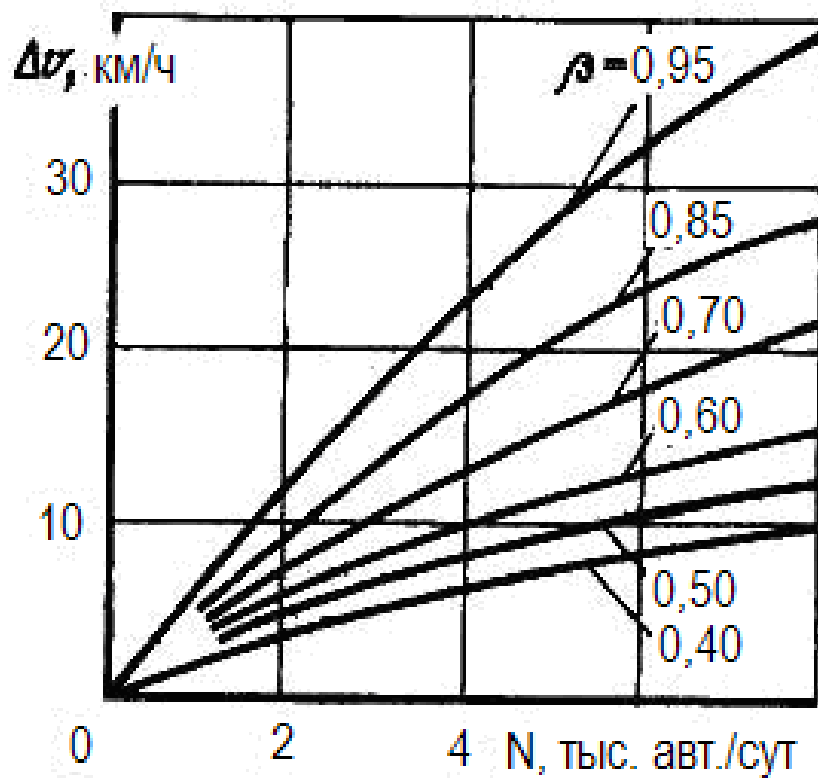
$$\text{при } n > 30 \quad \sigma_v = \sqrt{\frac{(\bar{x} - \bar{x})^2}{n}};$$

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

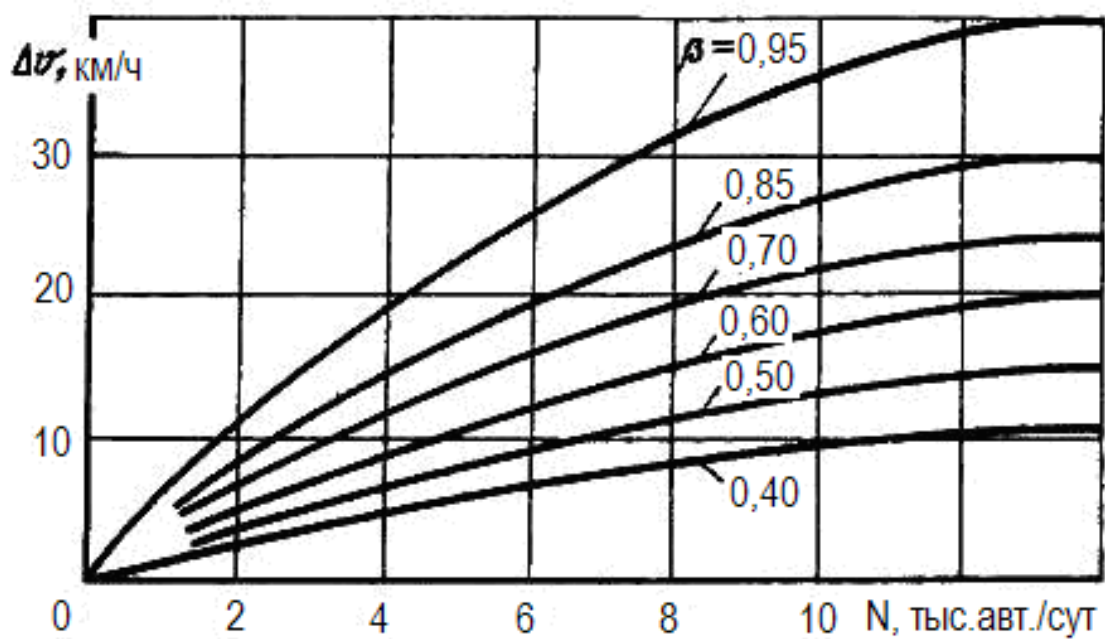
где $\bar{x}$ – измеренное значение скорости, км/ч;

$\bar{x}$ – среднеарифметическая скорость из всех измеренных значений, км/ч;

n – число измерений.



а



б

Рисунок 3.8 – Влияние интенсивности и состава движения на снижение средней скорости:

а – на двухполосных дорогах; б – на четырехполосных автомобильных магистралях с разделительной полосой

Необходимые для определения средней скорости транспортного потока значения среднего квадратичного отклонения:

$$\sigma_v = a_0 + b \cdot v_{\text{фmax}}^2 \quad (3.30)$$

Значения **a_0** и **b** приведены в таблице 3.1.

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

Таблица 3.1. – Расчетные значения a_0 и b при определении среднего квадратичного отклонения

Характеристика дороги	σ_{max}		$\sigma_{\text{ср.}}$		σ_{min}	
	a_0	b	a_0	b	a_0	b
Двухполосная	3,5	0,001	3,0	0,0008	2,5	0,0006
Автомобильная магистраль с разделительной полосой	0	0,00068	0	0,00056	0	0,00041

3.8 Пропускная способность улиц и дорог

Пропускной способностью проезжей части улицы или дороги называется максимальное число транспортных единиц, которое может быть пропущено через исследуемое сечение в течение одного часа в одном направлении. Пропускная способность определяется в период максимального движения при нормальных условиях использования улиц и обеспечении безопасности движения всех видов транспорта и пешеходов.

Пропускная способность исследуемого сечения проезжей части улицы или дороги, прежде всего, зависит: от ширины проезжей части, выражаемой числом лент, которое соответствует числу рядов параллельно движущихся машин в одном направлении; от длительности периода фактического пропуска машин в течение часа через данное сечение (периода эффективного использования сечения).

В литературе установилась терминология, по которой понятие полосы проезжей части относится как к общей ее ширине, расположенной между бортами тротуара и разделительной полосы, так и к ширине, занимаемой одним рядом движущихся транспортных средств. Такое же наименование применяется к разделительным полосам между встречным движением транспорта, зеленым полосам между проезжей частью и тротуаром, техническим полосам для прокладки подземных сооружений и т. п. Для уточнения терминологии в дальнейшем вводится понятие ленты проезжей части, занимаемой одним рядом последовательно движущихся транспортных средств, в отличие от понятия полосы как целого элемента поперечного профиля улицы или дороги.

Основными элементами уличной сети являются: участки улиц между перекрестками (площадями), называемые сокращенно перегонами; перекрестки и площади, являющиеся узловыми пунктами уличной сети, на которых происходят пересечения, разветвления и слияния транспортных потоков, т. е. распределение движения по направлениям.

Пропускная способность проезжей части любой магистральной улицы в подавляющем большинстве случаев лимитируется наличием пересечений в одном уровне – перекрестков с другими магистральными улицами.

Пропускная способность одной полосы проезжей части на перегоне без пересечений и на горизонтальном участке определяется по формуле:

$$N = \frac{3600 \cdot v}{L}, \quad (3.31)$$

где N – максимальное число автомобилей, которое может быть пропущено через сечение перегона в течение одного часа по одной ленте проезжей части в одном направлении;

v – расчетная установившаяся скорость движения, м/с;

L – наименьшее допустимое безопасное расстояние между последовательно движущимися по одной ленте автомобилями с включением длины автомобиля, м.

Величина **L** зависит от фактических условий движения:

- от типа и состояния дорожного покрытия,
- от скорости движения,
- от условий торможения,
- от состояния тормозных систем автомобиля и протекторов шин.

Оценку пропускной способности производят:

- на дорогах высоких категорий (I-II) с целью выявления участков с недостаточной пропускной способностью, где возможны кратковременные заторы и накопление больших очередей автомобилей;
- на дорогах III категории для организации пропуска колонн автомобилей или выявления неблагоприятных для движения участков при организации движения в период уборочной кампании;
- для оценки эффективности мероприятий, направленных на повышение пропускной способности.

Данные о пропускной способности позволяют также оценить степень соответствия существующего поперечного профиля дороги и отдельных ее элементов требованиям движения.

Пропускную способность определяют двумя способами: непосредственными изменениями в реальных дорожных условиях и путем построения линейного графика.

Линейный график используют при необходимости оценки пропускной способности большого протяжения дороги или отдельных ее элементов. Исходными данными для построения графика служат результаты обследования геометрических элементов дороги, ее инженерного оборудования.

Для оценки фактической пропускной способности отдельных элементов дороги с целью организации пропуска колонного движения, а также участков с постоянно повторяющимися заторами

организуют непосредственные измерения пропускной способности на обследуемом участке.

При этом пропускную способность отдельного элемента оценивают двумя методами – на основе измерения свободных скоростей движения и максимальной плотности или путем непрерывного подсчета количества автомобилей, проходящих рассматриваемый элемент (или участок) дороги в течение часа.

При использовании первого метода пропускную способность определяют:

для двухполосных дорог

$$p = 0,19 \cdot v_0 \cdot g_{\max}; \quad (3.32)$$

для многополосных дорог

$$p = 0,23 \cdot v_0 \cdot g_{\max}. \quad (3.33)$$

Непосредственный подсчет автомобилей, проходящих через рассматриваемый элемент, ведут в часы пик. При сравнительно низкой интенсивности движения на рассматриваемом участке обследуемой дороги устраивают кратковременный затор и подсчитывают число автомобилей в момент рассасывания затора.

3.9 Понятия об уровнях загрузки дороги и уровнях удобства движения

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

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

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

$$z = \frac{N}{P}, \quad (3.34)$$

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

Коэффициент скорости движения c — это отношение скорости при каком-либо уровне удобства движения v_z к желаемой скорости в свободных условиях $v_{ж}$, которую выбирает водитель для обеспечения высокой комфортабельности поездки:

$$c = \frac{v_z}{v_{ж}}, \quad (3.35)$$

Значение желаемой скорости движения в свободных условиях зависит от многих факторов: расстояния до цели поездки, состояния водителя, его квалификации и опыта, состояния дорожного покрытия, геометрических элементов и планировочных решений на дороге. Отклонения от желаемых условий движения (например, несвоевременного достижения цели поездки) вызывает у водителя чувство снижения удобства и комфортабельности, а иногда и нервозность, которая может привести к непоправимым ошибкам — дорожно-транспортному происшествию.

Коэффициент насыщения движением p представляет собой отношение плотности при каком-либо уровне удобства g_z к максимальной плотности g_{max} и определяется по формуле:

$$p = \frac{g_z}{g_{max}}, \quad (3.36)$$

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

При построении зависимости скорость – интенсивность была получена кривая, имеющая три характерные точки изменения кривизны (рис. 3.9). Это указывает на то, что при коэффициентах загрузки, соответствующих точкам перегиба, меняется качественное состояние потока автомобилей. На существование различных состояний потока автомобилей указывает также зависимость скорость – плотность (рис. 3.10)

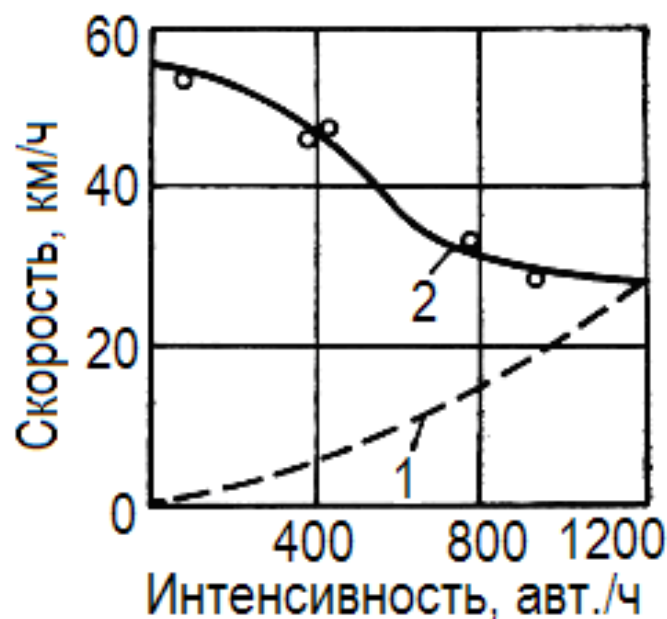


Рисунок 3.9 – Зависимость скорость – интенсивность:

- 1 – ветвь теоретической кривой для потоков высокой плотности;
- 2 – экспериментальная кривая

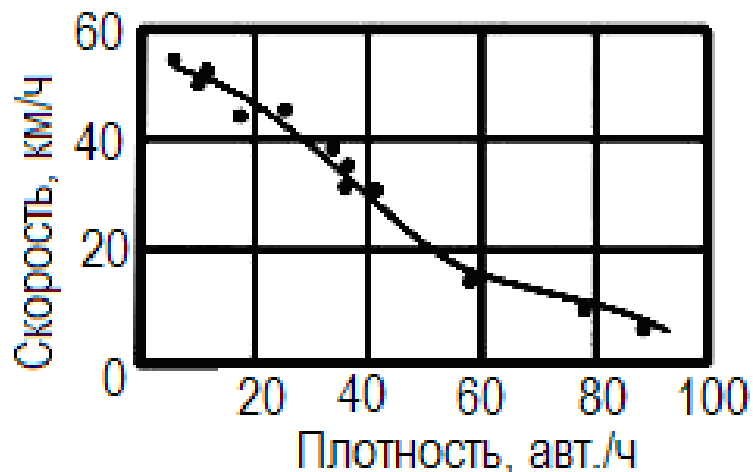


Рисунок 3.10 – Зависимость скорость – плотность

На этой кривой также может быть отмечен ряд характерных перегибов, хотя часто необоснованно эту зависимость изображают в виде прямой.

Наличие нескольких состояний транспортного потока подтверждается и изменением вида и количества дорожно-транспортных происшествий, а также формой кривых распределения скоростей движения потока автомобилей (рис. 3.11). При низких интенсивностях, как правило, наблюдается большой разброс значений скоростей, кривая распределения имеет полимодальный характер. По мере роста интенсивности движения вид кривой распределения заметно меняется, превращаясь из полимодальной (рис. 3.11, кривая А) в одномодальную (кривая Г).

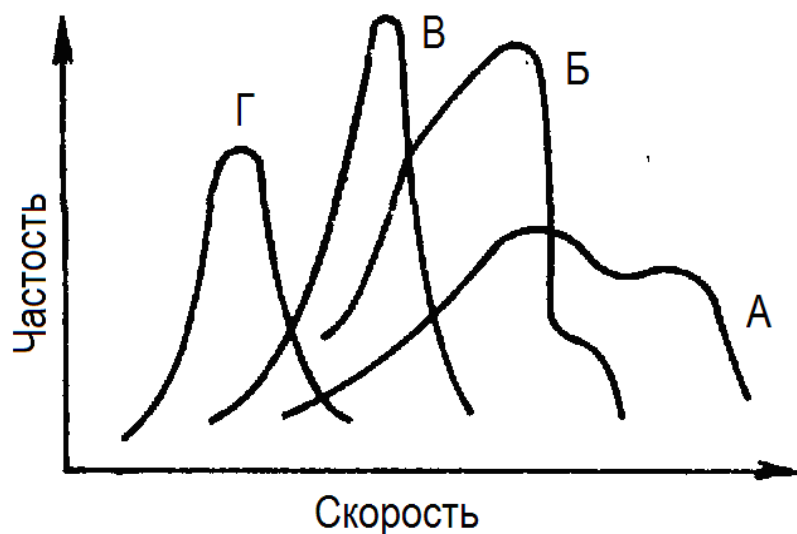


Рисунок 3.11 – Кривые распределения значений скоростей при разных уровнях удобства движения: А, Б, В, Г – уровни удобства движения

Разброс значений скоростей существенно снижается, среднее квадратическое отклонение также уменьшается. Значительные изменения наблюдаются и в общем виде кривых распределения значений интервалов времени.

О различном состоянии транспортного потока свидетельствует также не менее эмоциональная напряженность водителя.

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

Уровень удобства А. Этот уровень характеризуется коэффициентами: загрузки $z \leq 0,2$, скорости $c \geq 0,9$ и насыщенности $p < 0,1$. Обгоны практически отсутствуют, автомобили не взаимодействуют между собой. Водитель может выдерживать желаемую скорость движения. Снижение среди скоростей незначительно (рис. 3.9). Эмоциональная напряженность водителя низкая. Водитель и пассажиры не испытывают неудобства при движении. Поездки комфортабельны. Поток при уровне **А** называется свободным.

Уровень удобства Б. При этом уровне $z=0,2-0,45$; $c=0,7-0,9$; $p=0,1-0,3$. В потоке непрерывно возрастает число быстро движущихся автомобилей, которые совершают обгоны или вынуждены двигаться в пачках за медленно движущимися. Наблюдается резкое падение средних скоростей. Опыты с применением ходовой лаборатории показали, что обгоны невозможны при $z=0,45$. Это можно считать верхней границей уровня удобства движения **Б**. Эмоциональная напряженность водителей быстро возрастает по мере загрузки движением и приближается к наибольшей. Частота маневров наибольшая. При этом уровне водители испытывают снижение комфортабельности поездки из-за необходимости совершения маневров обгона или объезда. Такой поток автомобилей называется устойчивым.

Уровень удобства В. При этом уровне $z=0,45-0,7$; $c=0,55-0,70$; $p=0,3-0,7$. Характерным является дальнейшее снижение скорости движения. Эмоциональная напряженность водителя достигает наибольшего уровня. Водители испытывают неудобств из-за невозможности обгона медленно движущихся автомобилей и необходимости внимательно следить за впереди идущим автомобилем. Комфортабельность поездки резко снижается. Поток состоит из отдельных больших групп и пачек. Такой поток носит название неустойчивого.

Уровень удобства Г. При этом уровне удобства $z=0,7-1,0$; $c=0,55-0,40$; $p=0,7-1,0$.

Движение происходит с остановками вследствие состояния потока, близкого к затору. Эмоциональная напряженность водителя снижается из-за снижения скоростей и движения с постоянными низкими скоростями. Скорости всех автомобилей близки между собой, среднее квадратическое отклонение значений скоростей небольшое. Водители и пассажиры испытывают наибольшие неудобства от поездки. Движение происходит с неэкономичными скоростями в колонном режиме. Этот поток можно назвать насыщенным.

4 СПОСОБЫ СОХРАНЕНИЯ ТРАНСПОРТНО-ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ КАЧЕСТВ ДОРОГ И УЛИЦ В РАЗНЫЕ ПЕРИОДЫ ГОДА

4.1 Влияние природно-климатических факторов на дорожную конструкцию

Источники увлажнения. Наибольшее влияние на состояние дорог и движение автомобилей оказывают рельеф и ландшафт местности, грунтово-геологические, гидрологические и погодноклиматические факторы.

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

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

Погодноклиматические факторы формируют воднотепловой режим земляного полотна – закономерные сезонные изменения влажности и температуры в полотне и слоях одежд. В дорожной конструкции (дорожная одежда + земляное полотно) протекают сложные процессы: нагревание, охлаждение, промерзание, оттаивание, испарение, конденсация, сублимация, облимация, т. е. диффузионные процессы тепла и влаги, называемые тепломассопереносом или тепловлагообменом, обуславливающие колебание влажности и температуры. Изменение воднотеплового режима существенно влияет на прочность, долговечность полотна и дорог, приводит к снижению транспортноэксплуатационных свойств дорог.

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

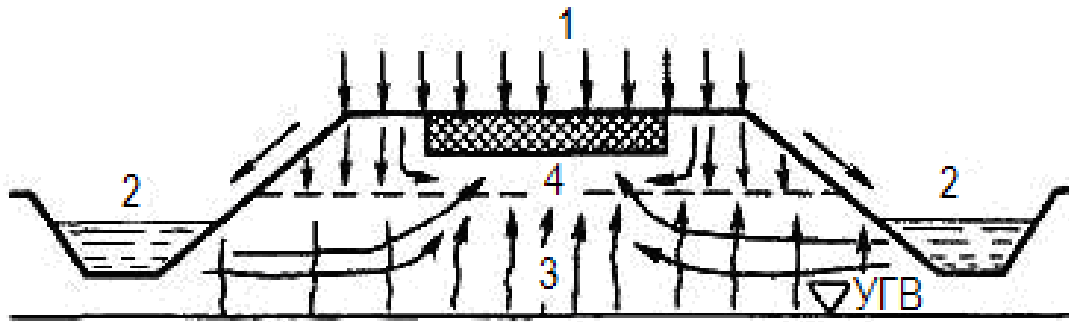


Рисунок 4.1 – Источник увлажнения дорожной конструкции

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

Вода со стороны откосов при длительном застое в боковых канавах может передвигаться от откосов к грунтовому основанию. Источник неопасен, если полотно отсыпано из связных (глинистых) грунтов, а коэффициент их уплотнения $K_y \geq 0,95$.

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

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

Закономерности водно-теплового режима. Для районов с сезонным промерзанием полотна можно выделить четыре периода.

Предзимний период, или период первоначального накопления влаги осенью, характерен охлаждением и интенсивным увлажнением полотна и одежды атмосферными осадками, поднятием уровня грунтовой воды, медленным нарастанием влажности, снижением плотности грунта и прочности одежды. Влажность может достигать $0,7W_T$ (где W_T – влажность предела текучести грунта).

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

Морозный период, или период промерзания, характерен перераспределением и накоплением влаги в земляном полотне. Наблюдается снижение промерзания грунта, дальнейшее увеличение влажности и снижение плотности грунта. Вода из нижних слоев полотна, особенно парообразная и жидкообразная, интенсивно мигрирует снизу и частично со стороны обочин к оси дороги. В зависимости от продолжительности периода мощности источников увлажнения и скорости промерзания к концу холодного периода в верхней части полотна может накопиться значительное количество воды. При скорости промерзания до 2,5 см/сут. происходит интенсивное влагонакопление и льдообразование в грунте за счет миграции воды из нижележащих слоев. При быстром промерзании (скорость больше 4 см/сут.) вода из нижележащих слоев не успевает поступить, и влажность грунта может быть несколько меньше. Глубина промерзания достигает максимума. В этот период может вымерзнуть вода из песчаного подстилающего слоя и устанавливается равновесное состояние воды в грунте земляного полотна или постепенно увеличиваться до уровня (0,7-0,8) W_T . Вследствие замерзания воды в порах грунта образуются линзы и прослойки льда. В отдельные зимы возникают оттепели, сопровождающиеся частичным оттаиванием грунта полотна и резким снижением прочности проезжей части. Интенсивное влагонакопление и промерзание могут привести к образованию пучин.

Весенний период – период оттаивания грунта и насыщения его свободной водой. Это самый опасный период, его принимают за расчетный – для дорожных одежд и земляного полотна. Скопившийся в линзах и прослойках лед в верхней части земляного полотна оттаивает, и поры грунта заполняются свободной водой, которая скапливается над еще не оттаявшим грунтом (донник).

Образовавшееся мокрое корыто сохраняет некоторый период максимальную влажность, минимальную плотность и прочность грунта. Под действием нагревающегося воздуха и автомобилей часть воды отжимается в дренирующий слой, часть в обочины и нижележащие слои по мере их оттаивания. При медленном оттаивании, когда его скорость не превышает 4 см/сут., часть воды успевает отжаться и испариться. При быстром оттаивании (скорость больше 7 см/сут.) происходит интенсивное накопление воды в порах грунта. В этот расчетный по состоянию грунта период (обычно в апреле-мае) могут возникнуть просадки одежды в первую очередь на пучинистых местах. Прочность дорожной конструкции минимальная. Период наиболее неблагоприятного расчетного состояния грунта весной (или в период зимних оттепелей), в течение которого наблюдается минимальная сезонная прочность грунта полотна

Летний период – просыхание земляного полотна. После полного оттаивания грунт постепенно просыхает, снижается влажность до наименьшего сезонного значения, постепенно возрастает плотность и прочность земляного полотна.

4.2 Классификация и основные виды ремонтных работ на автомобильных дорогах

Ремонтные работы на автомобильных дорогах целесообразно выполнять циклично, по мере накопления deformаций и разрушений, через определенные промежутки времени.

Все ремонтные работы, выполняемые дорожной службой в процессе эксплуатации дороги, делят на четыре вида: **содержание; текущий ремонт; средний ремонт; капитальный ремонт.**

К **содержанию дороги** относят работы по систематическому уходу за дорогой с целью поддержания ее в чистоте и порядке. При проведении этих работ прочностные и другие характеристики конструктивных элементов дороги не изменяются.

Работы по содержанию дороги выполняют круглогодично на всем ее протяжении с учетом характера природных факторов, воздействующих на дорогу в различные сезоны года. В зависимости от времени выполнения в течение года и целевого назначения работы по содержанию делятся на весенние, летние, осенние и зимние.

Весенний период отличается избыточным увлажнением вследствие интенсивного таяния снега. Цель проводимых работ по содержанию дорог весной – предотвращение возможных разрушений земляного полотна, дорожной одежды и искусственных сооружений и одновременно подготовка дороги к нормальной эксплуатации в летнее время.

Особую опасность для дороги в весенний период представляют пучины, образующиеся в результате переувлажнения верхних слоев земляного полотна влагой, накопившейся под проезжей частью.

Влага накапливается постепенно, осенью, зимой и весной. Зимой влага поступает в верхние слои земляного полотна из нижних слоев под влиянием температурных градиентов (разности температур между нижним более теплым и верхним более холодным слоем) в виде пленочной и парообразной влаги, а также по капиллярам в незамерзшем грунте. Парообразная влага, достигнув горизонта с температурой $0...3^{\circ}\text{C}$, конденсируется и замерзает, увеличиваясь в объеме, в результате чего на проезжей части возникают отдельные бугры.

Весной в результате неравномерного оттаивания земляного полотна под проезжей частью образуется так называемый донник – замкнутый объем оттаявшего и переувлажненного грунта, в основании которого находится мерзлый грунт, образующий водонепроницаемую чашу (рис. 4.2). Вода из этого донника выхода не имеет, в результате чего прочность дорожной одежды на таких участках резко уменьшается и на проезжей части при движении автомобилей по дороге возникают пластические деформации и разрушения в виде бугров, сетки трещин и проломов. Более интенсивно пучины образуются в I, II и III климатических зонах на участках дорог, где земляное полотно возведено из пылеватых грунтов.

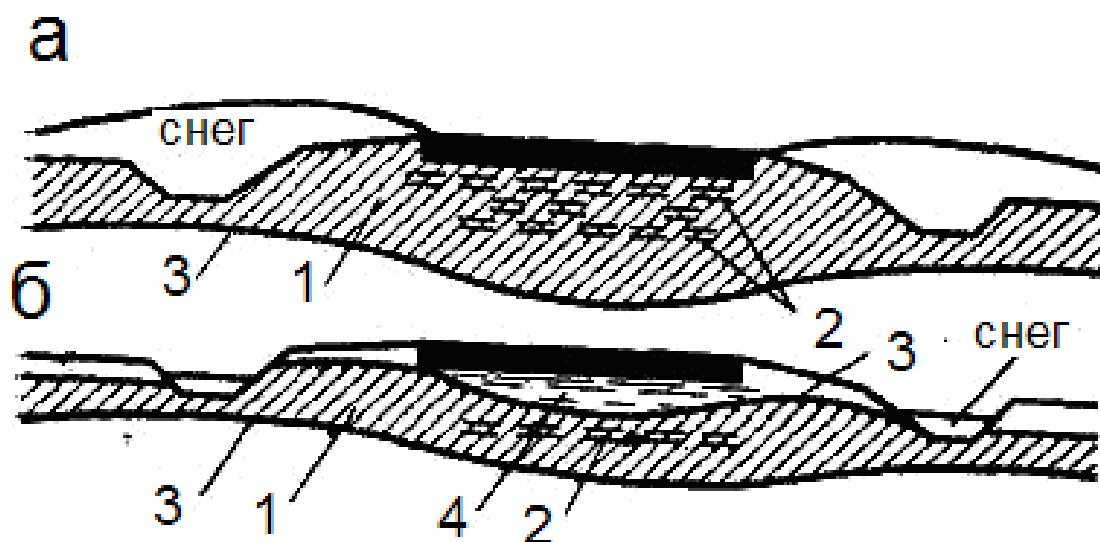


Рисунок 4.2 – Схема образования весенних пучин:
 а – зимой; б – весной; 1 – мерзлый грунт; 2 – ледяные прослойки;
 3 – граница мерзлого грунта; 4 – переувлажненный грунт

Для предохранения пучинистых участков дорог от разрушения весной принимают следующие меры:

- своевременно очищают обочины и откосы от снега; устраивают воздушные воронки для отвода воды из-под проезжей части во время оттаивания;
- утепляют проезжую часть дороги шлаковым слоем толщиной 10...20 см или расстилают хворост и другие теплоизолирующие материалы в начале зимы;
- обеспечивают исправную работу дренажных устройств и хороший поверхностный водоотвод;
- ограничивают или прекращают движение по дороге на период оттаивания и просыхания пучинистых участков весной;
- усиливают проезжую часть дороги путем укладки на поверхность покрытия несущих слоев из щебня, гравия, шлакового щебня. Хорошие результаты получаются при укладке на пучинистых участках металлической сетки весом 250 кг/м^2 по предварительно выровненному покрытию с последующей засыпкой уложенной сетки щебнем или гравием, розливом жидкого битума из расчета $2...3 \text{ л/м}^2$ и засыпкой песком.

Воздушные воронки делают на обочинах в виде поперечных ровиков шириной 30 см на глубину корыта через каждые 3...4 м после схода снежного покрова, а на заведомо пучинистых участках – осенью. Для предохранения воздушных воронок от загрязнения их на зиму закрывают хворостом и сверху засыпают песком. В конце весны, когда грунт земляного полотна просохнет, воздушные воронки закрывают, а с проезжей части убирают шлак, песок, хворост и одновременно исправляют все повреждения земляного полотна.

Для полного исключения пучин проводят капитальные мероприятия: возвышают бровку земляного полотна, закладывают оплошные дренирующие или теплоизолирующие слои под проезжей частью, заменяют пучинистый грунт в верхней части земляного полотна дренирующим. Эти мероприятия осуществляют при капитальном ремонте дороги.

В летний период работы по содержанию дорог сводятся, главным образом, к поддержанию в чистоте и порядке проезжей части, площадок отдыха, элементов архитектурного оформления, системы водоотвода, к нанесению разделительных и направляющих линий на проезжей части, окраске и побелке знаков и ограждений.

Осенью дороги готовят к эксплуатации в зимних наиболее тяжелых условиях. В этот период планируют обочины и откосы, очищают от грязи переезды и выезды на дорогу, высаживают деревья, устанавливают снегозащитные щиты на незащищенных лесопосадками участках, заготавливают противогололедные материалы.

Особое внимание уделяют подготовке к зиме малых мостов и труб, отверстия которых нужно закрывать щитами, чтобы не допустить попадания в них снега, так как смерзшийся снег надолго задерживает нормальную работу сооружения весной.

В зимний период в состав работ по содержанию дорог входят очистка проезжей части от снега и льда, перестановка снегозадерживающих щитов и рассыпка противогололедных материалов.

Снег, по возможности, следует убирать с дороги немедленно после его выпадения, так как после уплотнения движением уборка его становится очень трудной. Наличие на дороге даже тонкого слоя снега (3...10 см) значительно снижает скорость движения автомобилей, а при дальнейшем увеличении снежного слоя до 20...25 см движение их становится весьма затруднительным или совершенно прекращается. На дорогах с покрытиями переходного и низшего типов допускается оставлять слой снега не более 3...5 см.

Снежные отложения образуются на дорогах в результате следующих явлений:

- **снегопада** в тихую безветренную погоду, когда снег ложится рыхлым слоем небольшой толщины;

- **верховой метели** – снег падает из облаков при слабом ветре, а ранее выпавший снег не переносится;

- **низовой метели**, когда ранее выпавший снег в виде снежной пыли поднимается ветром с поверхности земли на высоту 2 м и более и переносится на новое место, заметая участки дороги без выпадения снега из облаков;

- **поземки** – ранее выпавший снег переносится незначительно, поднимаясь над поверхностью снежного покрова (до 20 см) при отсутствии снегопада;

- **общей или двойной метели**, при которой снег выпадает из облаков и одновременно переносится ветром ранее выпавший, но неслежавшийся снег.

Метель при низкой температуре и скорости ветра более 20 м/с обычно называют **бураном**, а на севере при большой влажности воздуха и низкой температуре – **пургой**.

Снежные отложения особенно больших объемов и максимальной плотности образуются при низовых метелях и поземках, продолжающихся иногда несколько дней подряд.

По степени заносимости снегом выделяют участки дорог сильно-, средне- и слабозаносимые.

К сильнозаносимым участкам относят нераскрытые выемки глубиной до 6,0...8,5 м и более, если их подветренный склон не может вместить весь снег, приносимый за зимний период.

Среднезаносимые участки – раскрытые выемки (с откосами положе 1:8), нулевые места и малые насыпи с высотой меньше максимальной высоты снежного покрова в данной местности.

Слабозаносимые участки – насыпи высотой от $H_{\text{сн}}$ до H , причем:

$$H = H_{\text{сн}} + \Delta h, \quad (4.1)$$

где H – высота незаносимой снегом насыпи в данной местности, м;

Δh – необходимое превышение бровки земляного полотна над уровнем снежного покрова для обеспечения снегонезаносимости, $\Delta h=0,6...0,7$ м.

Незаносимыми участками считают насыпи с высотой H и более, а также нераскрытые выемки, подветренный откос которых может вместить весь снег, приносимый на дорогу за зиму.

Текущий ремонт заключается в проведении ремонтных работ по устранению отдельных мелких деформаций и разрушений конструктивных элементов дороги. Текущий ремонт может быть плановым и предупредительным.

В **плановый текущий ремонт** включают ремонтные работы, выполняемые в весенний период на всем протяжении дороги с целью ликвидации разрушений, возникших в зимний период, а также подготовку дорожного покрытия осенью.

Предупредительный текущий ремонт, носящий профилактический характер, проводят с целью устранения мелких повреждений по мере их возникновения.

Все работы по текущему ремонту планируют по укрупненным километровым измерителям.

Средний ремонт дороги ведут по мере необходимости – один раз в несколько лет, как правило, на отдельных участках (перегонах).

Основная цель среднего ремонта – восстановление слоя износа дорожного покрытия с одновременным устранением всех видов деформаций и разрушений земляного полотна, искусственных сооружений, линейных зданий и обстановки пути (ограждение, освещение и т. п.).

При капитальном ремонте дорог восстанавливают и усиливают прочность дорожной одежды и других конструктивных элементов дороги. Кроме того, перестраивают отдельные участки и сооружения дороги с улучшением геометрических параметров, но без повышения категории дороги.

Прочность дорожной одежды после капитального ремонта должна соответствовать той интенсивности движения, которая запланирована на дороге к моменту следующего капитального ремонта через $T_{кр}$ лет.

Капитальный ремонт назначают тогда, когда фактическая прочность дорожной одежды станет ниже допустимой, что устанавливают по предельно допустимой величине коэффициента прочности.

Полную перестройку дороги на всем протяжении с повышением категории дороги называют **реконструкцией**. При этом улучшают геометрические параметры дороги и перестраивают все ее конструктивные элементы.

4.3 Повышение сцепных качеств дорожных покрытий

Важнейшей задачей службы эксплуатации автомобильных дорог является поддержание высоких сцепных качеств дорожных покрытий. Сцепные качества покрытий меняются в течение эксплуатации автомобильных дорог. Поэтому наряду с обеспечением шероховатости нового покрытия применяют методы, позволяющие повысить шероховатость находящихся в эксплуатации покрытий.

Высокие сцепные качества новых покрытий обеспечивает применение каркасного (многощебенистого) асфальтобетона (содержание щебня 50...65 %). На таком покрытии коэффициент сцепления более 0,5.

В последние годы широкое распространение получило строительство шероховатого покрытия с втапливанием щебня, обработанного битумом, в мелкозернистый асфальтобетон. Преимуществом этого метода являются простота осуществления и достижение необходимого коэффициента сцепления сразу после укладки асфальтобетонной смеси. При этом длительное время не требуется устройство поверхностной обработки.

Для втапливания используют гранитный щебень размером 18 или 12 мм, обработанный битумом. Повышение коэффициента сцепления обычного асфальтобетонного покрытия может быть достигнуто путем введения в асфальтобетонную смесь добавок из полимерных материалов.

Для повышения коэффициента сцепления покрытий, находящихся в эксплуатации, чаще всего устраивают поверхностную обработку. Она предназначена для повышения не только коэффициента сцепления, но и прочности всей дорожной одежды. Применяют одиночную и двойную поверхностную обработку.

В течение 10-15 суток после устройства поверхностной обработки ограничивают скорость движения до 30...40 км/ч. Это связано с тем, что под движением автомобилей происходят окончательное уплотнение и формирование покрытия. Самым опасным оказывается появление свободных щебенки, вырывающихся автомобилями, проезжающими с большой скоростью. Эти щебенки, отлетая, могут попасть в ветровое стекло. Поэтому необходимо строго контролировать выполнение водителями введенного ограничения скорости. Особенно важно это в холодную погоду, когда вероятность вырывания щебенки наибольшая.

Резкое снижение коэффициента сцепления наблюдается в осенне-зимний и ранневесенний периоды при образовании на поверхности покрытия гололеда. Ухудшение состояния покрытия приводит к резкому увеличению тормозного пути (рис. 4.3).

Для борьбы с зимней скользкостью покрытия применяют разные методы. Наиболее широко используется россыпь песка с размером частиц 0,2...5,0 мм, имеющих кубическую форму и острые грани. Могут применяться также топливные дробленые металлургические шлаки, высевки и др. Для предупреждения смораживания частиц песка, предупреждения сбрасывания его с покрытия автомобилями и сдувания ветром добавляют гигроскопические соли (хлористый натрий или хлористый кальций).

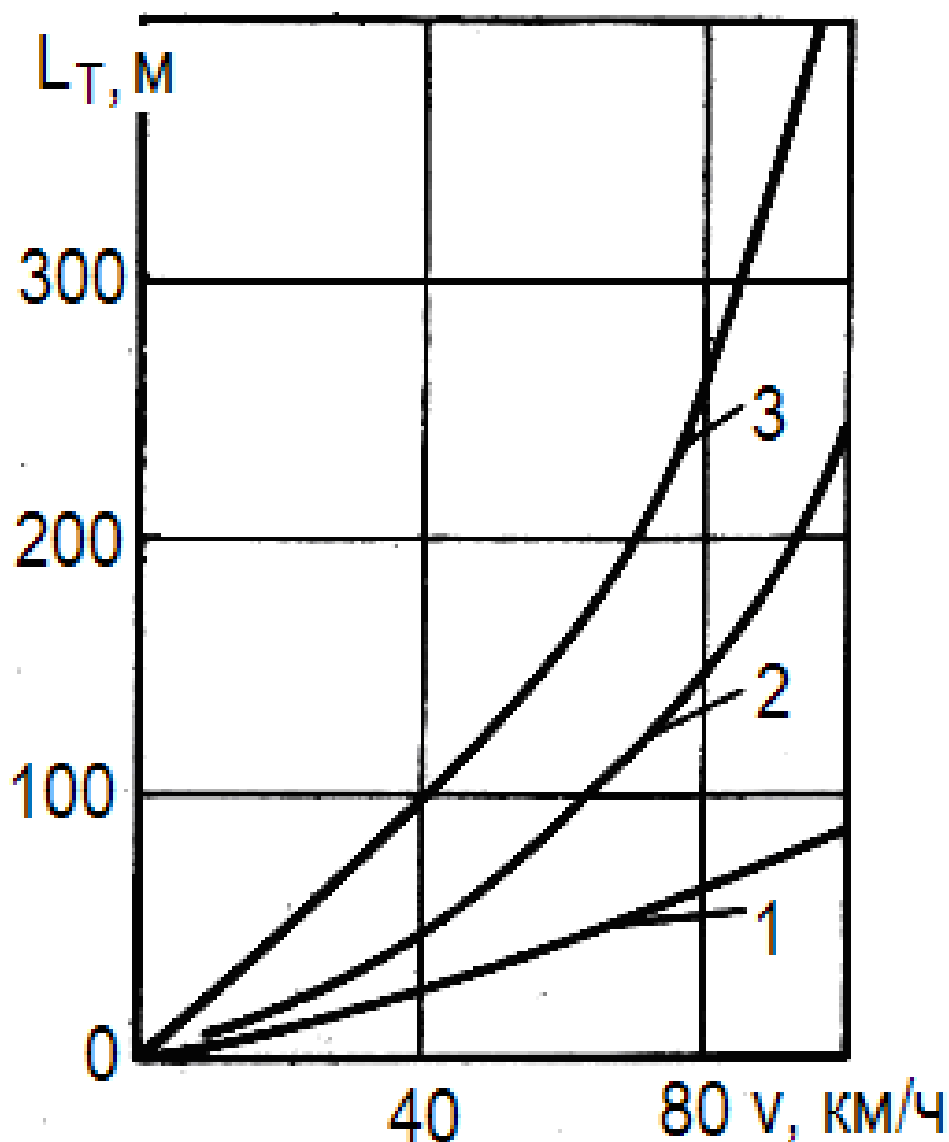


Рисунок 4.3 – Тормозной путь при различном состоянии дорожного покрытия:
 1 – сухое покрытие; 2 – грязное покрытие;
 3 – обледенелое покрытие

Радикальным методом борьбы со скользкостью является предотвращение образования на покрытии корки снега и льда или полное ее удаление (рис. 4.4).

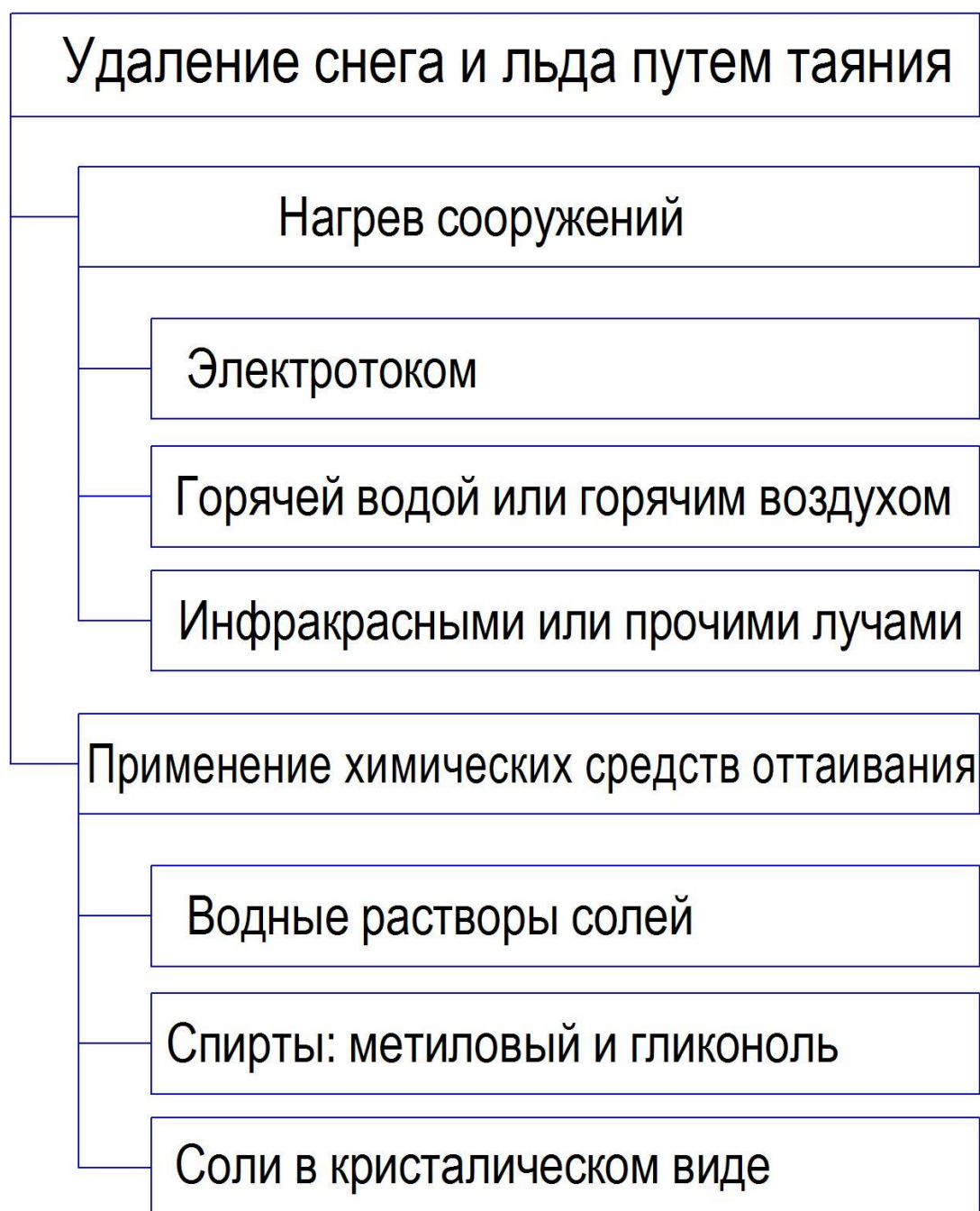


Рисунок 4.4– Современные методы удаления льда с дорожного покрытия

С этой целью в ряде стран широко применяют растворы солей. Однако существует мнение, что они оказывают вредное влияние на окружающую растительность и ускоряют коррозию кузова. Обогрев покрытия является наиболее энергоемким и дорогим методом удаления льда, поэтому его применяют обычно на городских дорогах (на путепроводах, эстакадах, где раньше появляется гололед).

Во многих странах для повышения сцепления при движении по обледенелому покрытию применяют шины с шипами. Однако после нескольких лет эксплуатации большинство стран решило запретить широкое применение таких шин, так как они вызвали серьезные разрушения дорожных покрытий. Шины с шипами разрешены только на автомобилях скорой медицинской помощи и специальных автомобилях.

При выполнении работ, направленных на повышение сцепных качеств покрытия, большое внимание должно уделяться вопросам организации движения в месте производства работ с целью обеспечения безопасности как рабочих, так и проезжающих автомобилей.

5 ОБСЛЕДОВАНИЕ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ

5.1. Цели и задачи обследования автомобильных дорог

Для обеспечения безопасного пропуска транспортных средств в любое время года большое значение имеет непрерывный контроль за состоянием автомобильной дороги, своевременное выявление конструктивных элементов и участков, требующих срочного ремонта, детальная оценка условий движения транспортных потоков разной плотности.

Для проведения этих работ необходимы комплексные планы обследования состояния автомобильной дороги, на основе которых разрабатывают мероприятия по улучшению условий движения. Обследования являются составной частью всех видов работ, направленных на обеспечение высоких транспортно-эксплуатационных качеств автомобильных дорог.

По своему характеру обследования схожи с изысканиями автомобильных дорог, предусматривающими выбор размеров элементов дороги с учетом особенностей движения транспортного потока.

Результаты обследований служат исходным материалом для составления проектов организации дорожного движения, усиления дорожной одежды, реконструкции отдельных участков дорог и т. п.

Обследования следует выполнять очень тщательно и качественно, так как ошибочная информация может приводить к грубым ошибкам.

Обследования особенно важны в условиях ограниченного финансирования, так как они позволяют разработать наиболее экономичную и эффективную программу работ по улучшению условий движения и очередность этих работ.

Основной целью обследования автомобильных дорог является своевременное выявление участков, требующих улучшения условий дорожного движения, а также оценка состояния всех конструктивных элементов дорог.

При этом обследования могут быть направлены как на выбор простейших мероприятий по повышению безопасности дорожного движения, так и на разработку рекомендаций по полной реконструкции автомобильной дороги.

При необходимости разработки оперативных мероприятий по повышению безопасности дорожного движения обычно ограничиваются минимумом работ по обследованию дорог.

Разработка проекта реконструкции автомобильной дороги требует проведения весьма детальных обследований.

Обследования автомобильных дорог позволяют провести паспортизацию дороги, разработать схемы расстановки знаков и нанесения разметки проезжей части, а также полного инженерного оборудования дороги; установить виды ремонтных работ и работ по содержанию дороги в разные периоды года; установить возможности пропуска тяжелых автопоездов или негабаритных грузов; разработать проект капитального ремонта или реконструкции дороги либо отдельных ее элементов; провести установление соответствия элементов дороги требованиям современных нормативных документов.

Иногда ошибочным считается мнение о ненужности работы по обследованию дорог по причине хорошего знания состояния дорожниками, занимающимися эксплуатацией дорог, которое приводит к субъективным решениям при планировании работ по ремонту дорог.

Обследования являются необходимыми даже при проведении локальных работ, так как с их помощью оказывается возможным накопление материала, дающего объективное представление о тенденциях изменения качественного состояния элементов автомобильной дороги. Поэтому в задачу обследований входит не только получение данных о состоянии автомобильной дороги и ее элементов, но и накопление этих данных по годам.

Основными задачами обследований автомобильных дорог являются:

- установление маршрута на дорожной сети, который не удовлетворяет требованиям возросшего движения;
- выявление ослабленных участков земляного полотна и дорожной одежды, требующих первоочередного ремонта;
- выявление участков с плохим водоотводом и неудовлетворительной работой водопропускных сооружений;
- выявление участков с плохой ровностью и низкими сцепными качествами дорожного покрытия;
- выявление опасных участков на дороге и участков заторов;
- установление уровня обслуживания проезжающих по дороге, ее архитектурных качеств;
- установление соответствия дороги требованиям психофизиологии водителя;
- оценка качества работы служб по содержанию дороги и организации дорожного движения.

5.2. Виды обследований автомобильных дорог

Обследования автомобильных дорог состоят из комплекса работ, разнообразных по сложности и методике выполнения.

Поэтому перед началом работ необходимо четкое определение цели обследований, установление состава и объема работ и планирование сроков их выполнения.

В зависимости от целей могут быть следующие виды обследований:

- оперативные, (например, на месте дорожно-транспортного происшествия);
- текущие, выполняемые с целью оценки объема работ по содержанию дороги;

- контрольные, выполняемые работниками ГИБДД МВД России и службы организации дорожного движения с целью предварительной оценки дорожных условий; сезонные, выполняемые в разные периоды года с целью общей оценки состояния дороги;

- частичные, выполняемые службой организации дорожного движения на отдельных элементах дороги;

- комплексные, выполняемые специальной лабораторией или изыскательской группой с целью разработки проекта реконструкции, капитального ремонта дороги или пополнения банка данных об автомобильной дороге.

Проведение всех перечисленных видов обследований дороги должно быть соответствующим образом спланировано. Комплексные обследования автомобильных дорог, служащие также для накопления банка данных о состоянии всех элементов автомобильной дороги, целесообразно проводить не реже 1 раза в 5 лет.

Частичные обследования должны проводиться ежегодно с учетом результатов комплексных обследований, при которых могут быть выявлены опасные участки дороги.

При любом виде обследований различают подготовительный, полевой и камеральный периоды проведения работ.

Подготовительный период является наиболее ответственным, так как в этот период планируют виды работ по обследованию и уточнению сроков их выполнения. От тщательности проведения работ в подготовительный период зависит успех всего обследования.

В подготовительный период выполняют следующие работы:

- уточнение программы обследований, объема и сроков проведения работ;

- составление календарного графика проведения обследования;

- комплектование состава экспедиций; подготовка оборудования, проверка его состояния и тарировки;

- подготовка необходимых форм, журналов для полевых работ, сбор и обработка с соответствующим графическим оформлением метеорологических, проектных, картографических и паспортных данных по обследуемой дороге;

- сбор и анализ данных о дорожно-транспортных происшествиях по материалам ГИБДД МВД России и службы организации дорожного движения;

- сбор, изучение и анализ данных об интенсивности движения и составе транспортного потока на дороге.

В зависимости от целей и вида обследований состав работ в подготовительный период может изменяться.

В *полевой период* непосредственно на обследуемой дороге выполняют следующие работы:

- изучение фактических режимов движения на дороге - измерение скорости движения на наиболее опасных участках или вдоль всей дороги, измерение фактической интенсивности движения и состава транспортного потока;

- определение размеров геометрических элементов дороги и в первую очередь расстояния видимости;

- выявление участков дороги, не отвечающих требованиям безопасности дорожного движения, и участков возможных заторов;

- обследование транспортно-эксплуатационных качеств дорожного покрытия, оценка ровности и сцепных качеств дорожного покрытия на всем протяжении маршрута или наиболее характерных участках;

- оценка прочности дорожной одежды, состояния водоотвода и водопропускных сооружений, обследование земляного полотна;

- оценка уровня транспортного шума и загазованности.

Полевые работы выполняют в два этапа: вначале во время рекогносцировочного проезда по дороге намечают места, требующие детальных обследований, затем проводят детальные обследования и инструментальные измерения.

В *период камеральной обработки* полевых материалов обобщают и анализируют результаты инструментальных измерений и визуальных наблюдений совместно с собранными в подготовительный период материалами.

Заполняют итоговые ведомости, составляют графики, выполняют полный анализ полученных в процессе обследований результатов и разрабатывают рекомендации по улучшению дороги и повышению безопасности дорожного движения.

Работы по обследованию дороги заканчивают оформлением научно-технического отчета, включающего в себя выводы и рекомендации, линейные графики ровности, скользкости, прочности дорожной одежды, коэффициентов аварийности, безопасности и степени загрузки дороги движением.

5.3 Организация работ по обследованию автомобильных дорог

Для выполнения большого объема трудоемких работ по обследованию дорог в установленные сроки необходима их четкая организация. Должны быть строго определены виды работ и их объем, состав экспедиции и наиболее целесообразные сроки проведения измерений по отдельным видам работ с учетом природно-климатических особенностей района проложения дороги.

Основой проведения работ является календарный график работ. При составлении календарного графика особое внимание должно уделяться планированию тех видов работ, выполнение которых необходимо приурочивать к периодам наиболее интенсивного движения. Так, например, для дорог с преобладающими сельскохозяйственными перевозками наибольшая нагрузка приходится на период посевной и уборки урожая, а на туристических маршрутах – на летний период.

Наиболее внимательно планируют работы по оценке прочности дорожной одежды, состояния земляного полотна и водоотвода. Такие работы необходимо проводить в сжатые сроки в период весеннего и осеннего переувлажнения. Особенностью их организации является то, что они должны выполняться не последовательно по протяжению дороги, а выборочно, в соответствии с возможными сроками наступления расчетного периода для каждого участка дороги в связи с условиями оттаивания.

Очередность работ уточняют во время рекогносцировочного проезда вдоль дороги. При составлении графика работ учитывают возможность выезда в поле на 10-15 дней раньше срока наступления расчетного периода.

Менее жесткие ограничения в сроках проведения предъявляются к работам по оценке ровности и шероховатости дорожного покрытия, по измерению режима движения.

Однако при этом необходимо учитывать влияние сезона года на получаемые результаты. Анализ обустройства и озеленения дороги, приспособленности ее для туризма, сбор и анализ данных, характеризующих интенсивность, состав, безопасность дорожного движения, историю постройки дороги, климатические условия, сбор данных об уровне транспортного шума и загазованности воздуха могут быть выполнены в любое время года, удобное с точки зрения организации работ.

В соответствии с календарным планом и объемом работ, определяемым заданием по обследованию дороги, в состав экспедиции включаются высококвалифицированные водители-механики, операторы, хорошо знакомые с применяемым оборудованием, специалисты по организации дорожного движения и специалисты-дорожники с разносторонними знаниями и практическим опытом по выполнению всех предусмотренных программой работ.

Экспедицию возглавляет начальник экспедиции, который является ответственным исполнителем предусмотренных программой работ на всех этапах обследования.

В состав экспедиции входят также младшие научные сотрудники (инженеры), ответственные за выполнение отдельных видов работ:

- анализ интенсивности движения и состава транспортного потока;

- расчет и измерение скоростей движения; оценку ровности и шероховатости дорожного покрытия;
- обследование состояния земляного полотна и водоотвода; оценку прочности дорожной одежды;
- оценку безопасности дорожного движения.

Весь состав экспедиции условно делят на две бригады: бригаду, анализирующую режим, условия и безопасность дорожного движения, и бригаду, в обязанности которой входит обследование земляного полотна, водоотвода и прочности дорожной одежды, измерение ровности и скользкости дорожного покрытия.

Первой бригаде выделяют один или два (в зависимости от сроков и объемов работ) легковых автомобиля-лаборатории, оборудованных приборами для оценки режима движения автомобилей; второй бригаде - легковой автомобиль, оборудованный толчкоммером, и автомобиль-лабораторию для измерения коэффициента сцепления, буровой агрегат для бурения дорожной одежды, смонтированный на грузовом автомобиле, и тяжелый грузовой автомобиль для оценки прочности дорожной одежды.

В состав каждой бригады входит необходимое число (в зависимости от объема работ) операторов-лаборантов.

В окончательно укомплектованном виде первая бригада состоит из трех младших научных сотрудников (инженеров), одного или двух водителей-механиков и трех операторов-лаборантов. В период проведения массовых измерений состав бригады по распоряжению начальника экспедиции пополняется сотрудниками за счет второй бригады. Это необходимо, например, при измерении интенсивности движения одновременно на большом числе створов. При этом состав бригады возрастает до 12-15 чел.

В состав второй бригады входят младшие научные сотрудники (инженеры), ответственные за обследование земляного полотна и водоотвода, прочности дорожной одежды, ровности и шероховатости дорожного покрытия.

Кроме того, в составе этой бригады находятся три водителя-механика и шесть операторов-лаборантов. Большой состав второй бригады по сравнению с первой объясняется трудоемкостью проведения работ в сжатые сроки. Рабочих, занятых на рытье шурфов, заделке буровых скважин в дорожном покрытии и других вспомогательных работах, предоставляют местные дорожные организации.

В процессе выполнения работ ежедневно в конце рабочего дня осуществляют обработку и анализ полученных за день материалов с необходимым графическим оформлением результатов дневных измерений.

Такая организация работ позволяет в случае недостоверных данных повторять измерения на следующий день. Особенно важно это при записи показаний приборов на осциллограф, так как результаты измерений можно оценивать только после обработки осциллограммы.

Окончательный анализ и обработку результатов измерений выполняют в камеральный период после окончания полевых работ.

При небольшом объеме работ по обследованию автомобильной дороги состав бригад может быть значительно уменьшен и включать в себя специалистов по решению ограниченного круга задач.

В оперативных обследованиях места дорожно-транспортных происшествий наряду с работниками ГИБДД МВД России должны принимать участие представители дорожной службы для оценки дорожных условий на месте происшествия.

При сезонных обследованиях создают комиссию, в которую кроме дорожников входят представители ГИБДД МВД России, анализирующие распределение дорожно-транспортных происшествий по сезонам года.

ЛИТЕРАТУРА

1. Абакумов, Г.В. Элементы транспортной инфраструктуры. Автомобильные дороги: учебное пособие / Г.В. Абакумов. – Тюмень: ТюмГНГУ, 2012. – 102 с.
2. Бабаскин, Ю.Г. Строительство земляного полотна автомобильных дорог: учебное пособие / Ю.Г. Бабаскин. – Минск: Новое знание, 2016. – 333 с.
3. Веюков, Е.В. Основы проектирования автомобильных дорог: учебное пособие / Е.В. Веюков. – Йошкар-Ола: ПГТУ, 2019. – 146 с.
4. Высоцкий, Л.И. Элементы водоотведения на автомобильных дорогах: учебное пособие / Л.И. Высоцкий, Ю.А. Изюмов, И.С. Высоцкий. – 2-е изд., испр. и доп. – Санкт-Петербург: Лань, 2015. – 192 с.
5. Клинковштейн, Г.И. Организация дорожного движения: учебник для вузов / Г.И. Клинковштейн, М.Б. Афанасьев. – 5-е изд., пераб. и доп. Москва: Транспорт, 2001. – 231 стр.
6. Кременец, Ю.А. Технические средства организации дорожного движения: учебник для вузов / Ю.А. Кременец, М.П. Печерский, М.Б. Афанасьев. – Москва: Академкнига, 2005. – 279 стр.
7. Луканин, В.Н. Автомобильные потоки и окружающая среда / В.Н. Луканин, А.П. Буслаев, М.В. Яшина. – Москва: ИНФРА-М, 2001. – 646 стр.
8. Лукина, В.А. Диагностика технического состояния автомобильных дорог: учебное пособие / В.А. Лукина, А.Ю. Лукин. – Архангельск: САФУ, 2015. – 171 с.
9. Маркуц, В.М. Транспортные потоки автомобильных дорог: учебное пособие / В.М. Маркуц. – Вологда: Инфра-Инженерия, 2018. – 148 с.
10. Мытько, Я.Р. Оценка транспортно-эксплуатационных характеристик автомобильных дорог / Я.Р. Мытько. – Минск: ВУЗ - ЮНИТИ, 2001. – 250 стр.
11. Пржибыл, П. Телематика на транспорте: пер. с чеш. / П. Пржибыл, М. Свитек; под ред. В.В. Сильянова. – Москва: Изд-во МАДИ (ГТУ), 2003. – 540 стр.

12. Рахимова, И.А. Основы проектирования автомобильных дорог: учебное пособие / И.А. Рахимова. – Вологда: ВоГУ, 2014. – 121 с.

13. Ремонт и содержание дорог: справочная энциклопедия дорожника. Т. 2 / А.П. Васильев, Э.В. Дингес, М.С. Когендон и др.; под ред. А.П. Васильева. – Москва: Информавтодор, 2004. – 507 стр.

14. Сильянов, В.В. Транспортно-эксплуатационные качества автомобильных дорог / В.В. Сильянов. – Москва: Транспорт, 1984. – 287 стр.

15. Сильянов, В.В. Транспортно-эксплуатационные качества автомобильных дорог и городских улиц: учебник для студ. высш. учеб. заведений / В.В. Сильянов, Э.Р. Домке. – 2-е изд., стер. – Москва: Издательский центр «Академия», 2008. – 352 стр.

16. Скворцов, А.В. Геоинформатика в дорожной отрасли / А.В. Скворцов, П.И. Поспелов, А.А. Котов. – Москва: Изд-во МАДИ (ГТУ), 2005. – 250 стр.

17. Строительство автомобильных дорог: учебное пособие / В.Н. Яромко, Я.Н. Ковалев, С.Е. Кравченко, М.Г. Солодкая. – Минск: Вышэйшая школа, 2016. – 471 с.

18. Сушков, С.И. Технология и организация строительства автомобильных дорог: учебное пособие / С.И. Сушков, С.М. Гоптарев. – Воронеж: ВГЛТУ, 2015. – 116 с.

19. Транспортно-эксплуатационные качества автомобильных дорог и городских улиц: учебное пособие / А.Х. Бекеев, Ф.М. Магомедов, И.М. Меликов, С.В. Бедоева. – Махачкала: ДагГАУ имени М.М.Джамбулатова, 2014. – 57 с.

20. Шведовский, П.В. Изыскания и проектирование автомобильных дорог. В 2 ч. Ч. 2. Обустройство автомагистралей: учебное пособие / П.В. Шведовский, В.В. Лукша, Н.В. Чумичева. – Минск: Новое знание, 2017. – 340 с.

21. Цупиков, С.Г. Возведение земляного полотна автомобильных дорог: учебное пособие / С.Г. Цупиков, Н.С. Казачек, Л.С. Цупикова. – Вологда: Инфра-Инженерия, 2019. – 324 с.

22. Эльвик, Р. Справочник по безопасности дорожного движения: пер. с норв. / Р. Эльвик, А.Б. Мюсен, Т. Ваа; под ред. В.В. Сильянова. – Москва: Изд-во МАДИ (ГТУ), 2001. – 754 стр.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
1 Классификация дорог и городских улиц	4
1.1 Классификация автомобильных дорог.....	4
1.2 Классификация городских дорог и улиц.....	7
1.3 Внегородские дороги.....	15
1.4 Основные требования к автомобильным дорогам.....	18
2 Элементы дороги и дорожные сооружения	23
2.1 Элементы автомобильной дороги.....	23
2.2 Элементы дороги в поперечном профиле.....	25
2.3 Элементы дороги в плане.....	41
2.4 Элементы дороги в продольном профиле.....	59
2.5 Элементы улиц и городских дорог.....	67
2.6 Земляное полотно.....	74
2.7 Дорожные одежды.....	77
2.8 Дорожный водоотвод.....	83
2.9 Искусственные сооружения на автомобильных дорогах....	85
2.10 Обустройство автомобильных дорог.....	92
3 Характеристики транспортно-эксплуатационного состояния дорог и городских улиц	94
3.1 Основные транспортно-эксплуатационные показатели автомобильной дороги.....	94
3.2 Факторы, взаимодействие дороги и автомобиля.....	103
3.3 Взаимодействие дороги и автомобиля.....	105
3.4 Характеристики поверхности дороги и движение автомобилей.....	107
3.5 Прочность и деформация дорожной одежды.....	118
3.6 Виды деформаций покрытия и разрушений дорожной одежды.....	121
3.7 Закономерности формирования транспортных потоков.....	125
3.8 Пропускная способность улиц и дорог.....	128
3.9 Понятия об уровнях загрузки дороги и уровнях удобства движения.....	131

4 Способы сохранения транспортно-эксплуатационных качеств дорог и улиц в разные периоды года.....	137
4.1 Влияние природно-климатических факторов на дорожную конструкцию.....	137
4.2 Классификация и основные виды ремонтных работ на автомобильных дорогах.....	140
4.3 Повышение сцепных качеств дорожных покрытий.....	146
5 Обследование автомобильных дорог.....	151
5.1 Цели и задачи обследования автомобильных дорог.....	151
5.2 Виды обследований автомобильных дорог.....	153
5.3 Организация работ по обследованию автомобильных дорог.....	156
ЛИТЕРАТУРА.....	160

Вячеслав Петрович Терюшков
Кухмаз Зейдулаевич Кухмазов
Алексей Владимирович Чупшев

ТРАНСПОРТНО-ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ КАЧЕСТВА АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ И ГОРОДСКИХ УЛИЦ

Учебное пособие
для студентов, обучающихся по направлению подготовки
23.03.03 Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов
и специальности 23.05.01 Наземные транспортно-технологические средства

Компьютерная верстка

В.П. Терюшкова

Дата подписания к использованию 20.05.2022 Уч. Изд. л. 4,6
№ 9 в реестре электронных ресурсов ПГАУ.
Объем издания 6,2 Мб

Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования «Пензенский государственный
аграрный университет» 440014, г. Пенза, ул. Ботаническая, 30,
www.pgau.ru