

**МИНИСТЕРСТВО ТРАНСПОРТА И КОММУНИКАЦИЙ  
РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ  
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ТРАНСПОРТА»**

---

---

**АВТОМОБИЛЬНЫЕ ДОРОГИ.  
ДОРОЖНЫЕ УСЛОВИЯ  
И БЕЗОПАСНОСТЬ ДВИЖЕНИЯ**

**Гомель 2017**

МИНИСТЕРСТВО ТРАНСПОРТА И КОММУНИКАЦИЙ  
РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ  
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ТРАНСПОРТА»

Кафедра «Организация дорожного движения»

# АВТОМОБИЛЬНЫЕ ДОРОГИ. ДОРОЖНЫЕ УСЛОВИЯ И БЕЗОПАСНОСТЬ ДВИЖЕНИЯ

*Рекомендовано Учебно-методическим объединением по образованию  
в области транспорта и транспортной деятельности  
в качестве учебного пособия для студентов специальности  
1-44 01 02 «Организация дорожного движения»*

Гомель 2017

УДК 625.7 (075.8)  
ББК 39.311  
Х69

Авторы: **Д. П. Ходоскин, С. Л. Лапский, А. А. Михальченко,  
Д. В. Капский, П. А. Пегин**

Рецензенты: *М. Т. Насковец*, профессор Белорусского государственного технологического университета (г. Минск, Республика Беларусь); *С. М. Мавроматис*, профессор Афинского национального технического университета (г. Афины, Греция); *С. Н. Карасевич*, заведующий сектором Федерального казенного учреждения «Научно-исследовательский институт автомобильного транспорта», канд. техн. наук, доцент (г. Москва, Российская Федерация)

Автомобильные дороги. Дорожные условия и безопасность движения : учеб.  
Х69 пособие / Д. П. Ходоскин [и др.]; М-во трансп. и коммуникаций Респ. Беларусь,  
Белорус. гос. ун-т трансп. – Гомель: БелГУТ, 2017. – 443 с.  
ISBN 978-985-554-643-7

Изложена история развития отрасли строительства автомобильных дорог, рассмотрено значение автодорог для развития экономики Республики Беларусь. Приведена классификация автомобильных дорог с учетом требований к их эксплуатационному состоянию по условиям обеспечения безопасности дорожного движения, а также классификация искусственных сооружений. Изложены вопросы устройства и содержания пересечений и примыканий на автомобильных дорогах по условиям безопасности дорожного движения. Актуализированы проблемные решения по обеспечению безопасности движения на автомобильных дорогах и ее повышению.

Предназначено для студентов вузов дневной и заочной форм обучения по специальности 1-44 01 02 «Организация дорожного движения», а также может быть полезно для преподавателей, аспирантов, магистрантов высших учебных заведений и студентов других транспортных специальностей.

**УДК 625.7 (075.8)  
ББК 39.311**

**ISBN 978-985-554-643-7**

© Оформление. БелГУТ, 2017

---

## **ПРИНЯТЫЕ СОКРАЩЕНИЯ**

---

АЗС – автозаправочная станция  
ВАДС – «водитель – автомобиль – дорога – среда»  
ГАИ – Государственная автомобильная инспекция  
ДНаТЛ – дуговая натриевая трубчатая лампа  
ДРЛ – дуговая ртутная лампа  
ДС – дорожная сеть  
ДТП – дорожно-транспортное происшествие  
ДТС – дорожно-транспортная ситуация  
ЖС – желтый сигнал  
ЗМС – зеленый мигающий сигнал  
ЗС – зеленый сигнал  
КПД – коэффициент полезного действия  
КПК – кольцевой перекресток  
КС – красный сигнал  
КФС – конфликтная ситуация  
МВД – Министерство внутренних дел  
МПТ – маршрутный пассажирский транспорт  
ОДД – организация дорожного движения  
ООН – Организация Объединенных Наций  
ПДД – Правила дорожного движения  
ПОС – потенциально опасная ситуация  
РПК – регулируемый перекресток  
СТО – станция технического обслуживания  
СФО – светофорный объект  
Т-Д – транспорт – дорога  
Т-П – транспорт – пешеход  
ТП – транспортный поток  
ТСР – технические средства регулирования  
Т-Т – транспорт – транспорт  
УДС – улично-дорожная сеть  
ЭМС – эмульсионно-минеральная смесь

---

## ПРЕДИСЛОВИЕ

---

**В** современном мире автомобильный транспорт является наиболее распространенным видом транспорта. Он обеспечивает потребности населения и организаций в перевозках, способствует развитию производительных сил общества, расширению межрегиональных связей, вовлечению в процесс общественного воспроизводства ресурсов отдаленных районов страны, создает благоприятные предпосылки внешнеэкономической деятельности Республики Беларусь. Вопросы безопасности дорожного движения играют важную роль в своевременной доставке грузов и перевозке пассажиров без потерь. Безопасность перевозок напрямую зависит от состояния транспортной инфраструктуры, частью которой являются автомобильные дороги. В состав транспортной инфраструктуры входят также искусственные сооружения – мосты, путепроводы, водопропускные трубы, паромные переправы.

Общая длина сети автодорог в Республике Беларусь составляет 86 648 км. При этом протяженность республиканских и местных дорог соответственно составляет 15 757 и 70 891 км. Большинство дорог с твердым покрытием: цементобетонным – 1 237 км, асфальтобетонным – 45 602 км, черным гравийным и черным щебеночным – 1 164 км, гравийным и щебеночным – 26 715 км, мостовым – 214 км. В дорожную сеть Республики Беларусь входят 5 263 моста и путепровода, 97 333 водопропускных труб и 15 паромных переправ [63].

Обеспечение долговечности и надежности автомобильных дорог, искусственных сооружений, повышение безопасности движения транспортных средств и экологической безопасности объектов дорожного хозяйства, эффективность обслуживания пользователей, оптимизация расходования средств, выделяемых на нужды дорожного хозяйства, в значительной степени определяются выполнением комплекса работ по проектированию, строительству и содержанию автомобильных дорог в соответствии с действующими требованиями и нормативами.

Фактическое увеличение интенсивности движения транспортных средств на имеющейся ДС приводит к повышению ее загрузки, усложнению условий движения, росту аварийности. Функционирование транспортной системы предъявляет требования к организации перевозок с тщательным учетом условий дорожного движения. Качество перевозок в значительной степени определяется соответствием путей сообщения нормативным требо-

ваниям. Движение транспортных средств с нерасчетными характеристиками вызывает ускоренный износ и разрушение путей сообщения и/или их элементов и тяжелые последствия при возникновении ДТП.

С позиций потребителей также наиболее важными являются транспортно-эксплуатационные свойства автомобильной дороги, которые обеспечивают непрерывность, оптимальную скорость, удобство и безопасность дорожного движения; возможность передвижения транспортных средств с допустимыми габаритными размерами, осевыми нагрузками и общей массой в любое время года и в любых погодных условиях; удовлетворение эстетическим и экологическим требованиям. Степень соответствия дороги этим свойствам в значительной мере определяется шириной проезжей части и обочин (характеристики поперечного профиля), радиусом кривых в плане и продольном профиле, расстоянием видимости, состоянием и прочностью дорожной одежды, сцепными показателями дорожной одежды, состоянием инженерного обустройства и др.

**Изучение дисциплины «Автомобильные дороги. Дорожные условия и безопасность движения»** предусматривает достижение следующих целей и задач:

**цели:** получение знаний об основных характеристиках автомобильных дорог, а также влиянии дорожных условий на эффективность автомобильных перевозок и безопасность дорожного движения;

**задачи:** изучение методов оценки и характеристики транспортно-эксплуатационных качеств автомобильных дорог и безопасности движения по ним, методов учета, расчета и прогнозирования аварийности, установление причинно-следственных связей между характеристиками дорожных условий и уровнем безопасности движения.

Знание теоретических и методических основ проведения оценки транспортно-эксплуатационных качеств автомобильных дорог и безопасности движения по ним, методов учета, расчета и прогнозирования аварийности, установление причинно-следственных связей между характеристиками дорожных условий и уровнем безопасности движения специалистами, работающими в транспортной сфере, имеет исключительно важное значение для страны и способствует выполнению ответственных функций государства:

– *социально-экономической*, которая состоит в том, что определяются потребности, нужды и запросы различных групп и слоев населения в качественных и безопасных автомобильных дорогах, приемлемых для населения и обеспечивающих достаточную безопасность при их использовании;

– *развития* – обеспечивает инновационное развитие транспортного сектора страны с предварительной оценкой эффективного вложения финансовых ресурсов в транспортную инфраструктуру, промышленные предприятия, обеспечивающие жизнедеятельность, высокое качество и безопасность автомобильных дорог в стране;

– *экономической стабильности и безопасности* – одного из важнейших факторов экономической устойчивости государства, связанного со снабжением регионов страны продуктами питания, промышленного потребления, комплектующими и запасными частями, своевременным вывозом производимой продукции и поддержанием транзитного и экспортного потенциала страны, что в целом обеспечивается наличием безопасных и с высокими эксплуатационными свойствами автомобильных дорог.

При изучении дисциплины «Автомобильные дороги. Дорожные условия и безопасность движения» **студенты транспортных специальностей должны:**

знать:

– классификацию автомобильных дорог, элементов их поперечного и продольного плана и профиля, а также требования к проектным и эксплуатационным параметрам дорог;

– методы устройства дорожных покрытий и устранения их дефектов;

– требования к дорогам и улицам, методы обследования дорожных условий, состояния дорог и оценки их транспортно-эксплуатационных качеств;

уметь:

– осуществлять технический надзор за объектами транспорта, принимать проектные решения по соответствующим разделам и объектам строительства, разрабатывать мероприятия по устранению дефектов дорог;

– оценивать эксплуатационные качества путей сообщений и их соответствие нормативам, выявлять опасные участки дорог с помощью различных методов прогнозирования;

– оценивать допускаемые осевые нагрузки на дорогу в различные периоды года;

– относить автомобильные дороги к одному из уровней требований к эксплуатационному состоянию в соответствии с действующими стандартами в Республике Беларусь;

– разрабатывать мероприятия по улучшению дорожных условий движения транспортных средств;

владеть:

– методами исследования характеристик дорожных одежд и покрытий (скользкости, ровности, прочности) и определения дефектов покрытия улиц, геометрических характеристик дороги и условий видимости в направлении движения и боковой видимости;

– методиками проектирования вновь строящихся, реконструируемых и перестраиваемых в плане и продольном профиле участков капитально ремонтируемых автомобильных дорог общего пользования и транспортных сооружений и узлов.

В результате изучения дисциплины «Автомобильные дороги. Дорожные условия и безопасность движения» **студент должен закрепить и развить следующие компетенции**, предусмотренные в образовательном стандарте ОСВО по специальности 1-44.01.02-2013:

– академические (АК):

АК-1. Уметь применять базовые научно-теоретические знания для решения теоретических и практических задач;

АК-2. Владеть системным и сравнительным анализом;

АК-3. Владеть исследовательскими навыками;

АК-4. Уметь работать самостоятельно;

АК-5. Быть способным выдвигать новые идеи;

АК-6. Владеть междисциплинарным подходом при решении проблем;

АК-7. Иметь навыки, связанные с использованием технических устройств, управлением информацией и работой с компьютером;

АК-8. Обладать навыками устной и письменной коммуникации;

АК-9. Уметь учиться, повышать свою квалификацию в течение всей профессиональной деятельности;

– социально-личностные:

СЛК-1. Обладать качествами гражданственности;

СЛК-2. Быть способным к социальному взаимодействию;

СЛК-3. Обладать способностью к межличностным коммуникациям;

СЛК-4. Владеть навыками здоровьесбережения;

СЛК-5. Быть способным к критике и самокритике;

СЛК-6. Уметь работать в команде;

СЛК-7. Знать идеологические, моральные, нравственные ценности государства и уметь следовать им;

– профессиональные:

ПК-3. Владеть современными средствами телекоммуникаций, использовать глобальные информационные ресурсы, применять средства и технологии интеллектуальных транспортных систем, в том числе при управлении процессами перевозок и пользовании платными дорогами и другой инфраструктурой;

ПК-29. Выполнять технологическое проектирование транспортных объектов и систем, в том числе разработку комплексных схем организации движения, проектов организации движения, светофорных объектов, маршрутного ориентирования, транспортной планировки, автомобильных дорог и улиц, организации парковок и транспортного обеспечения, уличного освещения и прочее, выполнять технико-экономическое обоснование вариантов с использованием информационных технологий, а также разрабатывать техническую документацию на объект (систему, в т.ч. интеллектуальную) с выдачей проектно-сметной документации;



ПК-30. Разрабатывать требования к транспортно-эксплуатационным качествам и конструктивным схемам транспортных средств (общего назначения, специальных, специализированных, дорожных), погрузочно-разгрузочных машин, транспортного оборудования, транспортной тары и упаковки, а также дорогам и улицам, техническим средствам организации (регулирования и управления) дорожного движения, разрабатывать технические задания на проектирование транспортных объектов и систем с учетом результатов научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ;

ПК-31. Исследовать функционирование и осуществлять комплексную оценку эффективности функционирования и развития транспортной инфраструктуры (транспортных объектов и систем), осуществлять ее оптимизацию, оценивать по критерию минимизации потерь проектные решения на любой стадии проектирования и эксплуатации, а также моделировать процессы в дорожном движении, осуществлять прогнозирование их развития, выполнять инженерные и технико-экономические расчеты и вырабатывать решения для субъектов транспортной деятельности по повышению эффективности дорожного движения с оценкой безопасности, экономичности, экологичности и социологичности функционирования транспортных систем и объектов;

ПК-39. Осуществлять контрольно-инспекционные действия по контролю технического состояния транспортных средств, первичного медицинского освидетельствования, параметров весовых нагрузок и габаритов транспортных средств, допуска транспортных средств и водителей к участию в дорожном движении, перевозке грузов (в том числе опасных) и пассажиров; по обследованию состояния дорожных и иных транспортных сооружений и объектов, мест проведения ремонтных и иных строительных работ на улицах и дорогах;

ПК-44. Проводить исследования для создания и внедрения новых технических средств и технологий в области дорожного транспорта и дорожного движения.

В последнее время большинство областей науки на транспорте находится на этапе осмысления полученных результатов использования автомобильных дорог транспортными организациями, обобщение и приведение их в систему. При этом чаще всего при изучении дисциплины «Автомобильные дороги. Дорожные условия и безопасность движения» основные понятия и методики используются специалистами на интуитивном уровне, а системный подход сводится к изучению множества факторов, влияющих на безопасность выполнения транспортного процесса. При этом системный анализ подменяют многофакторным анализом.

Ситуация, сложившаяся в науке о транспортных системах и процессах, определила путь систематизации различных знаний, которые нашли применение при исследовании организации транспортных потоков, эксплуатации транспортных средств и транспортной инфраструктуры. Данное учебное пособие будет использовано при подготовке квалифицированных кадров

для транспортных специальностей и издается впервые в постсоветский период. Следует отметить, что учебные пособия, изданные в период СССР и используемые в настоящее время, носят общетеоретический характер и раскрывают больше положения теоретического плана, направлены на подготовку проектировщиков транспортных коммуникаций. Рассмотренные в пособии положения адаптированы с незначительной доработкой к современным проблемам транспорта, что не затрудняет их использование при подготовке специалистов в области автотранспортной деятельности.

Процесс изменения социально-экономических отношений и переход к рыночной экономике не может интенсивно развиваться в области транспортной деятельности без научной теории организации и управления безопасностью перевозок и состоянием автомобильных дорог. Системный характер современных экономических и социальных задач в этой области проявляется в необходимости учитывать сложное множество взаимодействующих факторов, присущих обеспечению безопасности дорожного движения. Решение этой задачи методом «проб и ошибок» на основе здравого смысла и прошлого опыта в большинстве случаев тормозит процесс социально-экономического развития государства. Сложность проблемы связана с тем, что есть необходимость создать эффективные механизмы обеспечения безопасности дорожного движения при выполнении перевозок грузов и пассажиров.

Для успешного усвоения дисциплины необходимы знания в области теории множеств, графов, формальной логики, алгоритмов, отображения и отражения, исследования операций и др. Важность и актуальность применения системной методологии для решения транспортных проблем делает данную дисциплину полезной не только для студентов, но и для магистрантов, аспирантов и специалистов в области организации дорожного движения, перевозок и управления на автомобильном и городском транспорте.

В зарубежной и отечественной литературе проблемы безопасности дорожного движения и автомобильных дорог представлены недостаточно широко. По существу, имеется лишь фрагментарное изложение отдельных вопросов, не позволяющее получать необходимые знания. Поэтому данное учебное пособие найдет широкое применение среди специалистов автотранспортных и автодорожных организаций, а также будет способствовать росту уровня подготовки в учебных заведениях специалистов в области управления процессами перевозок и дорожного движения на автомобильном транспорте.

---

# 1 АВТОМОБИЛЬНЫЕ ДОРОГИ

---

## 1.1 Развитие автомобильных дорог в Республике Беларусь

**В** настоящее время сложно преувеличить роль автомобильных дорог в жизни общества. Причем с течением времени и совершенствованием подвижного состава требования к автомобильным дорогам также возрастают. На сегодняшний день по дорогам страны автомобильным транспортом перевозят около 84 % всех грузов и более половины пассажиров. Возрастает объём транзитных перевозок. В первую очередь это вызвано прохождением через Республику Беларусь международных маршрутов, связывающих страны Западной Европы, Российскую Федерацию, Украину, Молдову и др.

Что касается внутриреспубликанской обеспеченности автомобильными дорогами, то г. Минск соединен современными благоустроенными дорогами с областными и районными центрами, а предприятия агрокомплекса имеют надежную транспортную связь через дороги общего пользования. Автомобильные дороги обеспечивают связи между производителями и потребителями, между городами и иными населенными пунктами, играют решающую роль в экономике и культурной жизни государства. Наиболее напряженно эксплуатируются дороги республиканского значения, по ним осуществляются перевозки порядка 70 % грузов и пассажиров. Основные составляющие банка данных об автомобильной дороге представлены на рисунке 1.1.

Однако давайте уделим некоторое внимание развитию автомобильных дорог в Республике Беларусь, рассмотрим основные исторические этапы и знаковые вехи в развитии автомобильного транспорта и дорожного строительства.

Занимая важное географическое положение, Республика Беларусь издревле служила перекрестком первостепенных транзитных путей сообщения с запада на восток и с севера на юг. По ее же территории проходил вошедший в историю путь «из варяг в греки», связывающий скандинавские страны с Ближним Востоком.

Изначально основным направлением использования «дорог» было перемещение боевых колонн и обозов для ведения военных действий. По данной причине устройство дорог ограничивалось расчисткой лесных троп, прокладкой жердевых или бревенчатых настилов в болотистых местах и к поселениям людей.



Рисунок 1.1 – Основные составляющие банка дорожных данных [74]

К середине XVI века дороги получают государственный статус. В сводах законов (статутах) 1588 г. появляются нормы, регулирующие, по сути, дорожное движение, параметры дорог, правила пользования ими. Следующий период в развитии дорог можно отнести ко второй половине XVII века, когда была учреждена почтовая служба. Одной из первых она появилась на дороге Москва – Вильно (через Смоленск и Минск), по которой почтовые отправления доставлялись из конца в конец за 21 день (что тогда считалось достаточно быстро). Развитие торговли привело к тому, что рост объемов перевозимых грузов вызвал необходимость мощения дорог камнем. Долгое время каменные мостовые служили наиболее прочной дорожной одеждой. Использовалась технология дорожного строительства: по выровненному уплотненному песчаному основанию плотно укладывались специально подобранные и обработанные камни высотой 15–20 см, засыпали их песком, утрамбовывали и поливали водой.

В 1773 г. на территории Беларуси была начата, а в 1780-м завершена прокладка прямолинейных широких дорог, называвшихся тогда «аллеями». Они разделялись на главные почтовые, губернские, уездные и большие проезжие. За основу были взяты два профиля: для основных магистралей ширина полотна составляла 8 сажень (1 сажень – 2,16 м), ограждающих канав – 2 аршина (1 аршин – 0,72 м), глубиной в 1 аршин; для второстепенных – полотно было шириной 6 сажень, канавы – 1 аршин. По обеим сторонам дороги на

расстоянии двух сажений друг от друга в два ряда высаживались березы, до 2 тыс. деревьев на каждую версту. Каменные мостовые площадей и улиц городов продолжались щебеночными покрытиями на загородных участках дорог, и в XVIII веке прочно укореняется термин «шоссе». Благоустройство дорог в Беларуси конца XVIII века осуществлялось с помощью воинских команд и путем взимания больших налогов и штрафов, что служило назидательным примером для других губерний Российского государства.

В начале XIX века пассажирское сообщение между городами, осуществляемое акционерными компаниями дилижансов. В этот период строятся два важнейших для Российской империи шоссе: Москва – Варшава и Санкт-Петербург – Киев – Одесса (Севастополь), общей протяженностью на белорусской территории 1150 км. Скорость передвижения в сутки в летнее время составляла 60–80 км для дилижансов, 40–50 – для перекладных повозок и 15–20 – для ломовых грузовых подвод. По закону от 1833 г. в России введена следующая классификация дорог:

- I – главные сообщения (государственные);
- II – большие сообщения;
- III – обычные почтовые сообщения, губернские;
- IV – обычные почтовые сообщения, уездные;
- V – сельские и полевые.

Эта классификация сохранялась до 1918 г.

Появление автомобилей на дорогах Беларуси относится к началу XX столетия. На тот момент их насчитывалось около 300 единиц. Накануне Первой мировой войны по территории республики были расположены имеющие стратегическое значение для империи дороги: Санкт-Петербург – Динабург – Ковно; Москва – Смоленск – Минск – Брест – Варшава (обе первого класса); Санкт-Петербург – Витебск – Киев – Одесса; Вильно – Гродно – Белосток; Рига – Полоцк – Витебск – Смоленск; Могилев – Житомир (все четыре – второго класса). Протяженность дорог с твердым покрытием (белое щебеночное шоссе и булыжные мостовые) на территории Беларуси составляла 2041 км, их состояние оценивалось как образцовое. Остальные дороги представляли собой естественные грунтовые пути, совершенно непригодные для автомобильного транспорта, а в период весенне-осенней распутицы – и для гужевого [83].

В период 1918–1941 гг. началось восстановление дорожной сети страны, разрушенной практически полностью в ходе Первой мировой и Гражданской войн. В 1917 г. на территории страны (в границах РСФСР) созданы дорожные отделы (Упрдоротделы) и губернские управления местным транспортом (ГУМТы).

В 1922 г. ГУМТы и Упрдоротделы были объединены, в марте того же года дорожные отделы местного транспорта переданы сначала управлению местным транспортом БССР, а вскоре – в дорожный отдел (Дорбелотдел)

НКВД БССР. В 1924 году этот отдел был передан Главному управлению коммунального хозяйства при НКВД БССР. Первая инвентаризация дорожной сети была произведена Дорбелом УКХ НКВД БССР в 1924 г. с целью составления планов развития автомобильных дорог и разделения их на разряды и категории.

В 1928–1933 гг. в Беларуси построено более 4 тысяч километров новых автомобильных дорог, из них 30 % с твердым покрытием (гравийные, белое шоссе и булыжные мостовые). С 1925 г. начало осуществляться регулярное автобусное движение в стране общим протяжением 1175 км. В 1928 г. создается единый централизованный орган, осуществляющий руководство строительством, ремонтом и содержанием дорог и автотранспортом, – Главное дорожно-транспортное управление при Совете Народных Комиссаров БССР (Главдортранс). К концу 1928 г. сеть шоссейных дорог была восстановлена до довоенного уровня. Основным видом транспорта по-прежнему оставался гужевой. К концу 1928 г. на территории БССР имелось 380 автомобилей, а к началу 1935 г. – свыше 2000: 1300 грузовых, 520 легковых, 80 автобусов и 122 специализированных [83].

В августе 1935 г. Главдортранс разделился на две организации – Главное дорожное управление местных дорог Совета Народных Комиссаров БССР (Главдорупр) и Управление шоссейных дорог НКВД БССР (Ушосдор).

К 1941 г. на дорогах республики насчитывалось 204 тыс. м мостов, в том числе 110 тыс. м – постоянных. Через крупные реки было построено 50 высоководных (капитальных и деревянных) мостов.

К началу Великой Отечественной войны в республике эксплуатировалось более 21 тыс. различных машин (грузовики составляли более 82 %), однако ведущее место в перевозках грузов по-прежнему занимал железнодорожный транспорт. На его долю приходилось 93 % грузооборота. Большую роль в перевозках все еще играл гужевой транспорт: в республике насчитывалось 250 тыс. активно используемых телег.

К осени 1941 г. на оккупированной гитлеровцами территории оказалась основная сеть автомагистралей БССР. Тылы фронтов и армия базировались на пространствах, почти не имеющих дорог с твердым покрытием. В этот трудный для страны период и были созданы дорожные войска. В 1942 г. Совет Народных Комиссаров БССР принял постановление «О мерах по приведению в порядок проезжих дорог и мостов в освобожденных районах БССР». Никакие наступательные операции Красной Армии не могли бы быть успешно проведены без существования мостов и переправ через реки. В период между наступательными действиями дорожные войска занимались восстановлением разбитых дорог и мостов. В 1943 г. дорожно-строительные организации БССР приступили к массовому строительству (восстановлению) деревянных мостов: к 1 сентября 1944 г. было построено 1388 мостов общей длиной 12941 м и 7107 м капитально отремонтировано.

При восстановлении высоководных мостов широко использовались обрешеченные металлические строения с подъёмом их на опоры. Так, при восстановлении моста через р. Сож у г. Кричева металлическое пролетное строение длиной 80 м было поднято на высоту 21 м с применением полиспастовых подъёмников.

В период подготовки и проведения наступательных операций дорожные войска восстановили и содержали 37 тыс. км дорог, построили и восстановили 3,5 тыс. мостов и труб, уложили около 400 км дорог с деревянным покрытием.

В послевоенный период 1945–1955 гг. Главдорупр и Ушодор НКВД БССР возобновили свою деятельность. На смену гужевому транспорту окончательно пришел автомобильный, что определило и новый подход в дорожном строительстве. В 1950 г. автомобили перевезли 34 млн т грузов, грузооборот составил 0,48 млрд т.км.

В 50-х годах было налажено автобусное сообщение в сельской местности страны, и к 1951 г. протяженность дорог с твердым покрытием достигла 11,1 тыс. км, в том числе с усовершенствованным – 0,8 тыс. км (рисунок 1.2). Полное восстановление дорожной сети в стране было закончено к 1956 г., когда протяженность дорог с твердым покрытием составила 12,5 тыс. км, из них 2,4 тыс. км – с усовершенствованным покрытием [83].

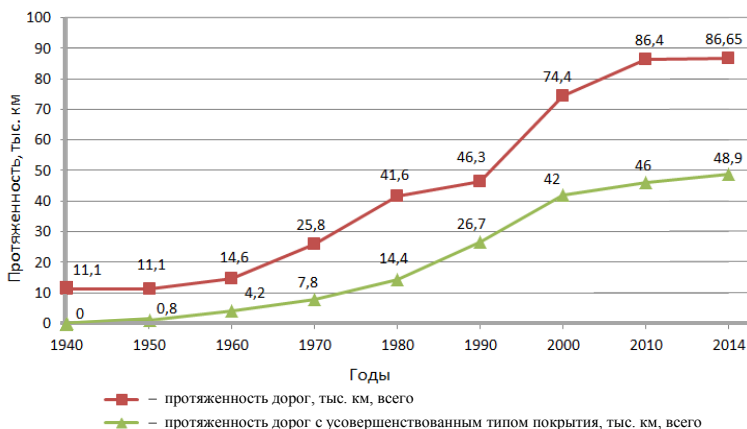


Рисунок 1.2 – Диаграмма протяженности дорог общего пользования в период 1940–2014 гг.

Общая протяженность автомобильных дорог республики к 1956 г. оценивалась в 71 тыс. км, в том числе около 40 тыс. км – общего пользования. Впервые

за послевоенное десятилетие распространение особенно на местных дорогах, получили усовершенствованные облегченные покрытия, устраиваемые, главным образом, методом смешения на дороге песчано-гравийных смесей с органическими вяжущими. Выбор таких видов покрытий был ориентирован на местные материалы, наличие соответствующих средств механизации и быструю организацию проезда автотранспорта по новому покрытию.

В 1957 г. на базе Минского филиала Союздорпроекта по решению правительства республики был организован Белорусский государственный институт по изысканию и проектированию автомобильных дорог – Белгипродор, вошедший в структуру Гушосдора при Совете Министров БССР. В 1957–1976 гг. по проекту Киевского филиала института «Союздорпроект» построена первая в БССР автомобильная дорога второй категории с монолитным цементобетонным покрытием. Она соединила г. Калинковичи с г. Пинском, ее протяженность составила 250 км.

К 1976 г. в БССР была создана опорная сеть автомобильных дорог с твердым покрытием (30,1 тыс. км), обеспечившая связь между городами и поселками. Были заложены предпосылки для обеспечения республики магистральными дорогами, отвечающими международным стандартам. В 1966–1968 гг. Белгипродор разработал Генеральную схему развития сети автомобильных дорог БССР на период до 1980 г. В дальнейшем схема уточнялась и корректировалась каждые пять лет.

В 1980 г. на долю автомобильного транспорта пришлось в 2 раза больше грузов и в 13,3 раза больше пассажиров, чем на все остальные виды транспорта. За 1960–1980 гг. значительно возросло количество автомобилей средней и большой грузоподъемности. В 1960 г. грузовых автомобилей грузоподъемностью более 8 т практически не было (всего 0,1 %), а в 1981 г. их удельный вес составлял уже около 66 %.

Что касается дорог с твердым покрытием, то к 1986 г. ими были обеспечены все города и городские поселки БССР, включая райцентры и сельские населенные пункты. Однако лишь чуть больше половины из почти 25 тыс. населенных пунктов имели подъезды с твердым покрытием.

На 1 января 1992 г. протяженность дорог с усовершенствованным покрытием в БССР составляла 29,04 тыс. км, в том числе важнейшие автодороги с асфальтобетонными покрытиями: Брест – Минск – граница Российской Федерации на участках Брест – Кобрин, Столбцы – Минск, Борисов – Крупки, Толочин – граница Российской Федерации; Минская кольцевая автодорога; Минск – Могилев; Минск – Витебск; значительная часть автодороги Минск – Гродно; участок автодороги Санкт-Петербург – Киев – Одесса [83].

В 1998 г. сформирована структура управления дорожным хозяйством, которая регламентирует функции заказчика государственным предпряти-



ям, а подрядную деятельность осуществляют предприятия и фирмы различных форм собственности. Таким образом, была сформирована система государственных приоритетов в распределении средств, в организации контроля и регулирования выполнения различных дорожных работ.

В XXI в. протяженность дорог в Республике Беларусь с твердым покрытием неуклонно возрастает: в 2005 она составила порядка 80 тыс. км, в том числе реконструированных – около 18 тыс. км; в 2011 г. введен в эксплуатацию обход территории Национального парка «Беловежская пушча» общей протяженностью 200 км; в 2012 г. построены обходы городов Витебска, Гродно, Барановичи, реконструированы дороги Р-23 Минск – Микашевичи, Р-53 Слобода – Новосады, участки дороги Р-21 Витебск – граница Российской Федерации (Лиюзно); в 2012 г. построен мост через р. Днепр в районе г. Шклова, произведена реконструкция моста через р. Муховец.

В настоящее время значительная часть автомобильных дорог эксплуатируется с прошедшими межремонтными сроками. Высокое же качество дорог подчеркивает статус страны, поэтому для Республики Беларусь – связующего звена между Востоком и Западом – очень важным является реконструкция автомагистралей по направлениям международных транспортных коридоров, к областным центрам от Минска и другим наиболее востребованным участкам. В связи с этим 31 декабря 2014 г. постановлением Совета Министров № 1296 была утверждена Государственная программа по развитию и содержанию автомобильных дорог в Республике Беларусь на 2015–2019 гг. [33].

В течение последних нескольких лет реконструировано и построено более 400 км республиканских дорог. Реконструированы и введены в эксплуатацию участки дорог, входящих в транспортные коридоры, проходящие по территории Республики Беларусь: Брест – Минск – граница Российской Федерации, Минск – Гомель, а также дорог Минск – Могилев, Минск – Гродно, Минск – Витебск и др. Построены обходы городов Могилева, Слонима, Несвижа. Благоустроены с увеличением числа полос движения участки дорог на подходах к пунктам пропуска на границе с Республикой Польша, Литвой. Построены мосты через р. Западная Двина, Сож, Щара, Уборть, Птичь и др.

С учетом значительного производства собственного цемента в стране из белорусского сырья начато строительство цементобетонных дорог. Норма на строительство цементобетонных дорог содержится в ТКП 45-3.03-227–2010 [20]. При новом строительстве в качестве дорожного покрытия будет использоваться исключительно цементобетон (рисунок 1.3). Первым участком, где в качестве дорожного полотна укладывают бетон, стал отрезок 2-й Минской кольцевой дороги. В Республике Беларусь еще в 70–80-е годы было построено несколько тысяч километров бетонных дорог. На основании предварительных расчетов и зарубежного опыта предложен базовый состав бетона для монолитных цементобетонных покрытий.

Если говорить об экономической целесообразности, то в первую очередь следует учитывать, что для цементобетонных дорог долговечность покрытия составляет до 20–30 лет. Высокая долговечность бетона позволяет также сократить расходы на содержание и ремонт дорог до минимума, поскольку имеет место малый износ поверхности (до 0,1 мм в год), и проводить лишь незначительный объем работ по текущему ремонту.



Рисунок 1.3 – Укладка цементобетонной дороги

Данное покрытие хорошо распределяет напряжение от приложенной нагрузки в любое время года, поэтому его прочность и деформативные характеристики не зависят от температуры и влажности. Оно хорошо подходит для дорог с интенсивным движением, ведь цементобетонное покрытие гораздо меньше «устаёт» от повторных приложений нагрузки. В жаркое время года такие покрытия не оставляют «летней» колеи, благодаря тому что они не накапливают остаточной деформации в жаркое время года. Одним из отличительных особенностей и преимуществ цементобетонного покрытия является лучшая освещенность в темное время суток, благодаря светлому цвету дорожного полотна. В отличие от битума, для производства портландцемента имеются практически неограниченные сырьевые ресурсы. Несомненно, главным преимуществом является тот факт, что оно в 1,5–3 раза долговечнее асфальтобетонного, хотя и стоимость строительства дорог такого плана не на много выше, чем с асфальтобетонным покрытием, но все это перекрывается большим сроком службы таких дорог.

Но вместе с тем, особенностью нового технологического процесса является большой срок затвердения материала, после которого можно открывать движение, который составляет 28 дней (для сравнения – по асфальтобетонному полотну можно пускать транспорт через два часа после укладки). Перебрасывать движение с интенсивных автомагистралей и строить большое число временных объездов и съездов является слишком трудоемким и финансово затратным.

К преимуществам, в сравнении с асфальтобетонными, цементобетонных покрытий дорог можно также отнести большую прочность (они могут пропускать все виды тяжелого автомобильного транспорта) и достаточно высокую шероховатость поверхности покрытия, допускающую движение транспорта с большими скоростями во влажную погоду. Применение новой технологии долговечных бетонных покрытий на портландцементе в дорожном полотне обладает рядом преимуществ перед асфальтобетоном. В массовое

производство данное покрытие из цементного бетона внедрялось в США уже в 1891 г. Сначала были построены несколько экспериментальных, загруженных трафиком, участков, которые показали очень хорошие эксплуатационные параметры. Технология много раз дорабатывалась и, по мнению и дорожников, и пользователей, на данный момент практически близка к совершенству. Значительный опыт строительства бетонных автомобильных дорог накоплен в Германии, начало строительства которых было положено в 1934 г. (в 1934 г. в Германии было 20 км высокоскоростных автодорог, а в 1940 г. – уже 3736 км). Немцы первыми оценили все преимущества автобанов. Впоследствии они стали строиться во многих государствах.

## 1.2 Европейские транспортные коридоры на территории Республики Беларусь

Исторически сложилось, что в связи с изменяющимися и возрастающими потребностями людей через территорию континента пролегли торговые пути, соединяющие промышленные (производственные) и потребляющие регионы. Сегодня в современном смысле этим характеристикам соответствуют международные транспортные коридоры.

**Международный транспортный коридор** представляет собой высоко-технологическую транспортную систему, концентрирующую на генеральных направлениях транспорт общего пользования (железнодорожный, автомобильный, морской, воздушный и трубопроводный) и телекоммуникации. Он наиболее эффективно функционирует в условиях преференциального режима<sup>1)</sup>, включая единое таможенное или экономическое пространство. Концентрация материальных, финансовых и информационных потоков в сочетании с высоким качеством экспедиторского обслуживания обеспечивают ускорение оборачиваемости капитала и синхронизацию прохождения товаров, платежных и других документов. В основу проекта международного транспортного коридора положена классическая транспортная задача, в соответствии с которой эффективность коммуникационной сети видов транспорта значительно возрастает, если она замкнута.

Суть системы международных транспортных коридоров непосредственно связана со свободой передвижения грузов через границы европейских государств континентальной Европы и Азии. При этом усиливается контроль за использованием транспортных средств и персонала, осуществляемый на европейских дорогах. Контроль посредством видеонаблюдения

---

<sup>1)</sup> *Преференциальный режим* – это особый льготный режим осуществления внешнеэкономических связей, экономического сотрудничества, предоставляемый одним государством другому без распространения на третьи страны. Применяется в виде скидок или отмены таможенных пошлин на ввозимые товары, специального валютного режима, льготного кредитования и страхования внешнеторговых операций, предоставления финансовой и технической помощи.

признается достаточным для обеспечения на высоком уровне и безопасности движения, в том числе контролируются режимы работы, отдыха, перерывов водителей.

В настоящее время на континенте используются следующие международные транспортные коридоры:

- I – Хельсинки – Таллинн – Рига – Каунас – Варшава;
- II – Берлин – Варшава – Минск – Москва – Нижний Новгород;
- III – Берлин – Дрезден – Вроцлав – Львов – Киев;
- IV – Берлин / Нюрнберг – Прага – Будапешт – Констанца / Салоники / Стамбул;
- V – Венеция – Триест / Копер – Любляна – Будапешт – Ужгород – Львов;
- VI – Гданьск – Варшава – Катовице – Жилина;
- VII – Дунайский;
- VIII – Дурес – Тирана – Скопье – София – Варна;
- IX – Хельсинки – Санкт-Петербург – Москва – Псков – Киев – Кишинев – Бухарест – Димитровград – Александруполис;
- X – Зальцбург – Любляна – Загреб – Белград – Ниш – Скопье – Велес – Салоники.

В современных транспортно-торговых отношениях все актуальнее становятся комбинированные перевозки. Морские автомагистрали («Motorways of the Seas») являются транспортным проектом Европейского союза по развитию морских перевозок, предусматривающим комбинацию автомобильных дорог и паромных переправ. Данный проект позволяет улучшить сообщение Скандинавии, Прибалтики, Ирландии, Великобритании, Пиренейского полуострова, Италии, Мальты и Кипра, а также Республики Беларусь и Украины с основной частью континентальной Европы. В связи с введением обязательного контролируемого отдыха водителей в течение 9 часов в сутки «морские автомагистрали» позволяют повысить эффективность транспортных перевозок в 1,5–2 раза. В данном случае эффективность достигается, когда обед или ужин и завтрак с ночным отдыхом водителей большегрузных автомобилей совпадают с пребыванием на морском пароме [65].

Если же рассматривать понятие транспортного коридора в более узком смысле – в разрезе одного вида транспорта (в нашем случае автомобильного), то *транспортный коридор* – это сеть автомобильных дорог в направлении движения международных транзитных транспортных потоков, включая подъезды к грузообразующим пунктам.

Основным критериям при определении направления транспортных коридоров относят: *географический* – возможность поддержания взаимных транспортных связей в ходе построения международных и межрегиональных отношений; *перспективности* – наличие устойчивых международных связей и постоянных транспортных сообщений при стабильных объемах перевозок грузов и пассажиров в перспективе; *технологический* – возможность стадийного улучшения условий движения транспортных потоков;

*эффективности инвестирования* – достаточно высокая окупаемость проекта по строительству автомобильных дорог по новым направлениям, или реконструкция уже существующих при условии соответствия их транспортно-эксплуатационных характеристик и уровня обслуживания финансовым результатам от их эксплуатации; *политический* – возможность упрощения процедур пересечения границ; *инфраструктурный* – готовность всех стран, по территориям которых проходит транспортный коридор, пойти на соответствующие улучшения в точках взаимодействия различных видов транспорта.

На сегодняшний день в системе международных транспортных коридоров автомобильные дороги Республики Беларусь представлены следующим образом (рисунок 1.4):

– коридор II (протяженность 610 км) – автомобильная дорога М1 / Е30: Брест (Козловичи) – Минск – граница Российской Федерации (Редьки), км 0 – км 610;

– коридор IX (протяженность 925 км) – автомобильная дорога М-8: граница Российской Федерации (Езерище) – Витебск – Гомель – Граница Украины (Новая Гута), (протяженность 456 км);



Рисунок 1.4 – Схема международных транспортных коридоров, расположенных на территории Республики Беларусь [82]

– ответвление коридора IX-V (протяженность 468 км): автомобильная дорога М-5 – Минск – Гомель; автомобильная дорога М-6 – Минск – Гродно; автомобильная дорога М-7 – Минск – Ошмяны – Граница Литовской

Республики (Каменный Лог); автомобильная дорога М-9 – кольцевая дорога вокруг г. Минска, км 9,6 – км 34,6.

Транспортный коридор II имеет продолжение на запад в направлении Варшава – Берлин; на восток до Москвы, на Нижний Новгород и далее на восток Российской Федерации.

Транспортный коридор IX имеет продолжение от границы с Российской Федерации – на Псков, Санкт-Петербург – Хельсинки – Стокгольм; от границы Республики Беларусь с Украиной – на Киев, Одессу, порт Ильичевск; до границы Молдовы – Дубоссары – Кишинев, Унгень – граница с Румынией.

Основными положительными моментами и одновременно перспективными направлениями в области развития международных транспортных коридоров на участке Республики Беларусь являются следующие:

1) вывоз экспортных грузов стал доступен в морские порты Литвы, России и Украины; стало возможно использование Черного моря для более дешевой транспортировки нефти из Азербайджана и сжиженного газа из Туркмении;

2) получили эффективное развитие контрейлерные перевозки из России (Сибирь, Урал) в Калининградскую область, страны Европейского союза;

3) решены многие проблемы пассажирских перевозок (использование коридора IX позволило перевозить пассажиров по более дешевым тарифам из Молдовы, Украины и России: Санкт-Петербург – Одесса – Кишинев и Санкт-Петербург – Львов), что в итоге увеличило пассажиропоток на 25–30 % за четыре последних года.

### **1.3 Значение транспорта и путей сообщения для экономики Республики Беларусь**

Транспорт как отрасль хозяйства страны представляет собой совокупность средств и путей сообщения, нормальную деятельность которых обеспечивают различные устройства и сооружения. Потребность в высокоразвитой транспортной системе еще более усиливается при интеграции в европейскую и мировую экономику, транспортная система становится базисом для эффективного вхождения Беларуси в мировое сообщество и занятия в нем места, отвечающего уровню высокоразвитого государства.

Особенностью транспорта является нематериальный характер производимой продукции. Основная его задача состоит в полном удовлетворении потребностей промышленности, сельского хозяйства и населения страны в перевозках по объему и качеству их исполнения. Качество перевозок проявляется в обеспечении безопасности движения, сокращении сроков доставки грузов и пассажиров, соблюдении регулярности перевозок, повышении уровня комфорта, обеспечении полной сохранности перевозимых грузов, достижении более высокой экономичности перевозок.

### **Транспорт обеспечивает выполнение основных функций государства:**

– **экономических** – является неотъемлемой частью любого производства, специализации и кооперации предприятий промышленности и сельского хозяйства, служит для доставки всех видов сырья, топлива и продукции между пунктами производства и потребления;

– **социальных** – обеспечивает трудовые и бытовые поездки населения, облегчает их физический труд (при перемещении больших объемов материалов в процессе производства и в быту), способствует сохранению здоровья, предоставляя возможность людям пользоваться оздоровительными учреждениями не только ближних, но и отдаленных регионов, обеспечивает территориальную доступность курортов, специальных медицинских центров;

– **культурных** – при помощи транспорта осуществляется доставка газет, журналов, книг в населенные пункты, и имеется возможность производить международный обмен литературой, учеными, специалистами, да и в целом упрощается общение между людьми;

– **оборонных** – транспорт обеспечивает возможность оперативной переброски войск, вооружений, снабжения, эвакуации людей и материально-технических ресурсов.

На сегодняшний день транспортная система Республики Беларусь представлена пятью видами транспорта: автомобильным, железнодорожным, воздушным, водным и трубопроводным – и характеризуется следующими данными [65]:

– общая численность работающих в транспортном секторе экономики страны составляет 4 % от общей численности работающих в стране;

– доля основных фондов, приходящихся на транспорт, составляет 11,4 %;

– пути сообщения включают: 86,6 тыс. км автомобильных дорог (из которых 48 тыс. км с усовершенствованным покрытием); 5,5 тыс. км железнодорожных путей, из которых электрифицировано 32,7 %, а станционные пути составляют 29,4 %, подъездные – 9,5 %; 7 речных портов; газопровод «Сибирь – Западная Европа» и нефтепровод «Дружба»;

– плотность автомобильных дорог на 1000 км<sup>2</sup> составляет 417 км, железных дорог – 60 км на 1000 км<sup>2</sup>;

– для обеспечения работы транспорта по обслуживанию пользователей Республики Беларусь функционируют: 380 железнодорожных станционных сооружений, 26 грузовых автомобильных терминалов, 36 грузовых дворов, свыше 400 остановочных обустроенных пунктов для пригородного железнодорожного сообщения;

– техническое обслуживание и ремонт подвижного состава для видов транспорта выполняются: авторемонтными предприятиями, вагоноремонтными заводами (пассажирские вагоны); специализированными депо (грузовые вагоны), локомотивными депо и специализированными заводами, авиа-ремонтным заводом (самолеты гражданской авиации);

– производится выпуск подвижного состава: минским автозаводом – грузовые автомобили, автобусы и троллейбусы; заводом «Коммунамаш» – троллейбусы, трамваи, электропоезда и рельсовые автобусы (по швейцарской технологии); вагоностроительные заводы в Гомеле и Минске – пассажирские вагоны, в Могилеве и Осиповичах – грузовые вагоны, локомотивостроительным заводом в г. Лиде – маневровые локомотивы.

О значении и роли транспорта для экономики Республики Беларусь можно говорить, используя информацию об объемах перевезенных грузов и пассажиров, грузо- и пассажирооборота (таблицы 1.1, 1.2; рисунок 1.5).

**Таблица 1.1 – Распределение грузооборота по видам транспорта в Республике Беларусь**

В миллионах тонна-километров

Вид транспорта	Годы						
	1990	2000	2010	2011	2012	2013	2014
Воздушный	38	18	44	27	34	27	65
Водный	1805	26	110	143	134	84	49
Автомобильный	7664	5026	16023	19436	22031	25603	26732
Трубопроводный	–	52659	65743	65258	61134	61220	59704
Железнодорожный	75430	31425	46224	49414	48351	43818	44982
Всего по всем видам	84937	89154	128144	134278	131684	130752	131533

**Таблица 1.2 – Распределение пассажирооборота по видам транспорта в Республике Беларусь**

В миллионах тонна-километров

Вид транспорта	Годы						
	1990	2000	2010	2011	2012	2013	2014
Водный	30	2	3	4	4	3	3
Таксомоторный	439	91	45	42	37	208	189
Трамвайный	–	553	301	305	320	300	281
Воздушный	5510	513	1571	1643	2035	2490	3070
Метрополитенный	–	1678	1833	1796	1885	2200	2134
Троллейбусный	–	2655	1891	1931	1925	1873	1673
Железнодорожный	16852	17722	7578	7941	8977	8998	7796
Автобусный	19787	9235	10194	9923	10016	10546	9946
Всего по всем видам	42618	32449	23416	23585	25199	26618	25092

В связи с постоянным развитием производства и потребления, потребности у населения в транспортных услугах, изменением значения экономических регионов роль транспорта в экономике страны возрастает. Значение транспортных коммуникаций увеличивается также в связи с интеграцией страны в региональные и мировую экономическую систему. Поэтому **современные республиканские программы по развитию транспорта Республики Беларусь** предполагают в ближайшей перспективе (2015–2019 гг.) следующие направления [33]:



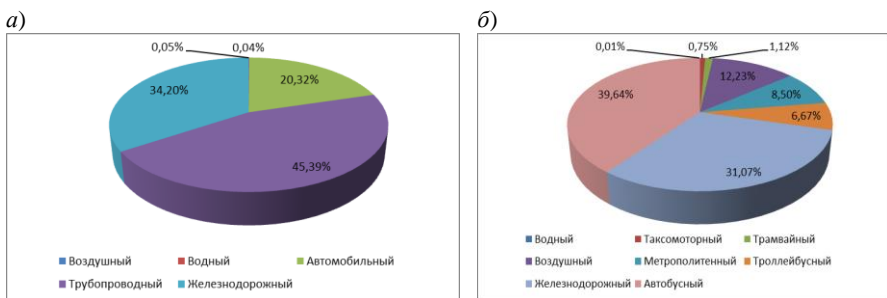


Рисунок 1.5 – Объёмы транспортной деятельности в Республике Беларусь:  
а – грузооборот; б – пассажирооборот

– во внешнеэкономической деятельности особый акцент будет сделан на поэтапное формирование либерализации условий работы транспортных организаций в Евразийском экономическом союзе;

– во взаимодействии с Международной ассоциацией автомобильных перевозчиков предстоит завершить работу и подписать межправительственные соглашения с Латвийской Республикой, Португальской Республикой, Федеральным Советом Швейцарской Конфедерации;

– в сфере логистики планируется строительство ОАО «Белмагистральавтотранс» современного логистического склада площадью 7,5 тыс. м<sup>2</sup>; создание транспортно-логистического центра в районе Национального аэропорта Минск, создание логистических предприятий за рубежом, что позволит расширить границы влияния Республики Беларусь и удлинить логистическую цепочку;

– по видам транспорта: железнодорожного – будет продолжена работа по внедрению нового формата пассажирских перевозок; реализации важнейших инвестиционных проектов по электрификации железнодорожных участков; воздушного – необходимо реализовать инвестиционный проект «Реконструкция действующего аэровокзального комплекса Национального аэропорта Минск» с созданием современного международного пассажирского транзитного терминала при внедрении современных технологий и оборудования в сфере обслуживания пассажиров; будет построена новая взлетно-посадочная полоса и продолжено строительство современного авиаремонтного завода. Предусматривается расширение парка воздушных судов и открытие региональных воздушных сообщений; автомобильного – развитие новых направлений перевозок; отчуждение неэффективно используемого недвижимого имущества; увеличение оборотных средств организаций за счет вовлечения в хозяйственную деятельность подвижного состава, находящегося в ремонте; внедрение инновационных транспортных средств и технологий перевозок; водного – обеспечить развитие международных

перевозок грузов, а также расширение номенклатуры перевозимых грузов; продолжить работу по внедрению высокоэффективных технологий перегрузки грузов в речных портах; провести реконструкцию судоходных шлюзов Днепро-Бугского канала; продолжить работу по включению внутренних водных путей Республики Беларусь в единую Европейскую сеть путем создания водно-транспортных соединений с республиками Польша, Латвия и Литва, а также увеличение проходных осадок в направлении Республики Украина (по р. Днепр);

– перед транспортной отраслью поставлена задача по формированию четкого механизма регулирования правоотношений в сфере организации и выполнения перевозок автомобилями такси, которая позволила бы исключить участие на рынке такси недобросовестных перевозчиков, кардинальное улучшение качества и безопасности предоставляемых услуг;

– в области *дорожного хозяйства* предстоит реализовать: ряд направлений Государственной программы по развитию и содержанию автомобильных дорог на 2015–2019 гг.; выполнить поручения Главы государства по завершению реконструкции дороги М-5 Минск – Гомель и начать реализацию нового проекта по реконструкции автомобильной дороги М-6 Минск – Гродно и строительству второй кольцевой автомобильной дороги вокруг Минска; увеличить экспорт строительных услуг подрядными дорожными организациями; продолжить совершенствование правовой базы по функционированию системы электронного сбора платы за проезд, расширение сети автомобильных платных дорог; внедрить технологии строительства цементобетонных покрытий на автомобильных дорогах.

## 1.4 Классификация автомобильных дорог

Автомобильные дороги Республики Беларусь классифицируются: 1) по эксплуатационным качествам; 2) уровням требований к их эксплуатационному состоянию.

По **эксплуатационным качествам** различают автомобильные дороги общего и необщего пользования, по формам собственности – государственные или частные.

Автомобильные дороги общего пользования в зависимости от функционального назначения подразделяются на республиканские и местные. К *республиканским* автомобильным дорогам (индексы «М» и «Р») относятся дороги, включенные в сеть международных автомобильных дорог, а также обеспечивающие транспортные связи:

- столицы Республики Беларусь г. Минска с административными центрами областей, Национальным аэропортом «Минск»;
- административных центров областей между собой;

- административных центров областей с аэропортами, находящимися вне их городской черты, и административными центрами районов;
- административных центров районов между собой по одному из направлений;

- городов областного подчинения с административным центром области, на территории которой эти города расположены;

- железнодорожных станций (внеклассных и I класса), расположенных вне городов, пунктов пропуска через Государственную границу Республики Беларусь, а также иных объектов, имеющих государственное значение, с республиканскими автомобильными дорогами.

К *местным* автомобильным дорогам (индекс «Н») относятся те, которые обеспечивают транспортные связи:

- между административными центрами сельских советов, городов районного подчинения, городских, курортных и рабочих поселков, сельских населенных пунктов, на территории которых они расположены;

- между городами районного подчинения, городскими, курортными и рабочими поселками между собой и с ближайшими железнодорожными станциями и посадочными платформами, аэропортами, речными портами и пристанями, находящимися за пределами названных населенных пунктов;

- административных центров с местами массового отдыха населения, объектами туристической деятельности, спортивными сооружениями, парковыми зонами, учреждениями здравоохранения, образования, домами отдыха, оздоровительных лагерей, кладбищ, памятников природы, культуры и исторического наследия;

- административных центров сельских советов, городов районного подчинения, городских, курортных и рабочих поселков, сельских населенных пунктов с республиканскими автомобильными дорогами общего пользования;

- районов индивидуального жилищного строительства, расположенных в сельской местности (включая основные проезды по данным районам), и садоводческих товариществ с автомобильными дорогами общего пользования.

К автомобильным дорогам *не общего пользования* относятся автомобильные дороги, предназначенные для внутривозвращенных и технологических перевозок, служебные и патрульные автомобильные дороги вдоль каналов, трубопроводов, линий электропередачи, других коммуникаций и сооружений, а также служебные автомобильные дороги к гидротехническим и иным сооружениям.

Автомобильные дороги по условиям движения и доступа на них транспортных средств разделяют на четыре класса: автомагистраль, скоростная дорога, дорога обычного типа, технологические дороги; городские дороги.

К *автомагистралям* (рисунок 1.6) относят автомобильные дороги:

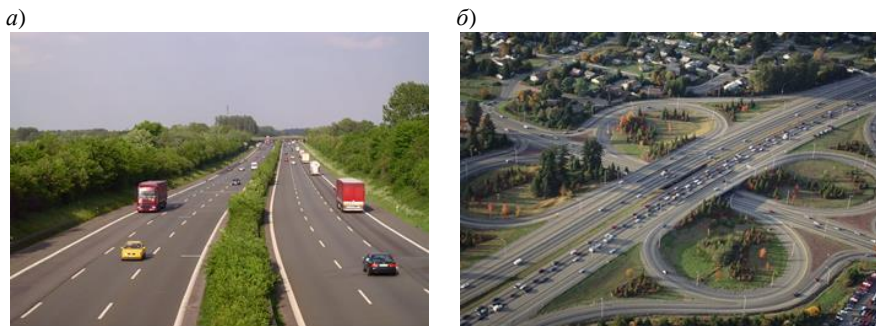


Рисунок 1.6 – Внешний вид автомобильной магистрали:  
*а* – вне населенных пунктов; *б* – в населенных пунктах

1) которые имеют на всем протяжении многополосную проезжую часть с центральной разделительной полосой и не имеют пересечений в одном уровне с автомобильными, железными дорогами, трамвайными путями, велосипедными и пешеходными дорожками;

2) на которых возможен доступ пользователей только через путепроводные развязки в разных уровнях, устроенных не ближе чем через 5 км друг от друга. Максимально разрешенная скорость на автомагистралях составляет 150 км/ч.



Рисунок 1.7 – Внешний вид скоростной автомобильной дороги

К *скоростным* относят автомобильные дороги, которые имеют на всем протяжении многополосную проезжую часть с центральной разделительной полосой и не имеют пересечений в одном уровне с автомобильными, железными дорогами, трамвайными путями, велосипедными и пешеходными дорожками. Доступ на них возможен через путепроводные развязки в разных уровнях и примыкания в одном уровне (без пересечения потоков прямого направления и центральной разделительной полосы), устроенных не ближе чем через 3 км друг от друга (рисунок 1.7). На скоростных дорогах допускается движение со скоростью до 120 км/ч. Ограничение скорости предусматривается на участках, представляющих опасность для дорожного движения транспортных средств.



Рисунок 1.8 – Дорога обычного типа

К *технологическим* отнесены дороги, на которых предусмотрено движение технологических транспортных средств сельскохозяйственного назначения, для работы карьерных автомобилей и т.д. На таких дорогах запрещено передвижение рейсовых транспортных средств с пассажирами.

К *городским* автомобильным дорогам относят те из них, которые проходят в границах города или крупного населенного пункта. Городские автомобильные дороги могут также относиться к скоростным при выполнении соответствующих параметров.

С учетом ограничения территории в городах на городских автомобильных дорогах устраиваются путепроводные развязки в разных уровнях (рисунок 1.9), которые позволяют использовать УДС для ускоренного движения транспортных средств внутри городов. В городах, имеющих исторические районы, автомобильные дороги часто устраивают в зависимости от степени пересеченности местности: с организацией дорожного движения в одном уровне (рисунок 1.10, а) или при сильно пересеченной местности в виде серпантина (рисунок 1.10, б).



Рисунок 1.9 – Внешний вид городской скоростной автомобильной дороги в городах

В зависимости от эксплуатационных характеристик, геометрических параметров и условий движения автомобильные дороги общего пользования классифицируют по классам и категориям (таблица 1.3).

К *дорогам обычного типа* относят автомобильные дороги, не включенные в классы «автомагистраль» и «скоростная дорога», имеющие единую проезжую часть или с центральной разделительной полосой (рисунок 1.8). Для дорог данного типа доступ на них возможен через пересечения и примыкания в разных и в одном уровне (расположенные для дорог категорий I-в, II, III – не ближе чем через 600 м, категории IV – 100 м, категории V – 50 м). На таких дорогах предусматривается ограничение скорости движения в пределах 60–100 км/ч.

а)



б)



Рисунок 1.10 – Внешний вид городских автомобильных дорог с различным уровнем геологического развития:  
а – в центре города; б – в условиях большого уклона

Таблица 1.3 – Классы и категории автомобильных дорог [17]

Класс дороги <sup>1)</sup>	Категория дороги <sup>2)</sup>	Функциональное назначение дороги	Область применения	Расчетная интенсивность движения <sup>3)</sup> по дорогам, ед./сут	
				республиканским	местным
Автомагистрали	I-a	Для передвижения интенсивных транспортных потоков на большие расстояния без обслуживания прилегающих территорий	Участки основных республиканских дорог протяженностью не менее 150 км с долей транзита в транспортном потоке более 50 %	Св. 8000	–
Скоростные автомобильные дороги	I-b	Для локального передвижения интенсивных транспортных потоков с высокой скоростью	Республиканские автомобильные дороги на подходах к крупнейшим городам на расстоянии 40–50 км, подъезды к аэропортам 1-го класса, кольцевые дороги вокруг крупнейших городов	Св. 10000	–

<sup>1)</sup> *Класс автомобильной дороги* – характеристика дороги по функциональному назначению, уровню доступа и обеспечиваемому уровню обслуживания.

<sup>2)</sup> *Категория автомобильной дороги* – характеристика дороги, определяющая ее технические параметры в зависимости от принадлежности к соответствующему классу и величине расчетной интенсивности движения.

<sup>3)</sup> *Расчетная интенсивность движения* – среднегодовая суточная интенсивность движения транспортных средств суммарно в обоих направлениях за последний год перспективного периода (перспективный период принимают равным 20 годам, причем за его начало принимают планируемый год завершения строительства) [17].

Окончание таблицы 1.3

Класс дороги	Категория дороги	Функциональное назначение дороги	Область применения	Расчетная интенсивность движения по дорогам, ед./сут	
				республиканским	местным
Обычные автомобильные дороги	I-в	Дороги общего назначения	Республиканские автомобильные дороги (кроме автомагистралей и скоростных дорог), а также местные автомобильные дороги (кроме автомобильных дорог низших категорий)	Св. 10000	–
	II			Св. 5000 до 10000 включ.	Св. 7000 включ.
	III			Св. 2000 до 5000 включ.	Св. 3000 до 7000 включ.
	IV			Св. 200 до 2000 включ.	Св. 400 до 3000 включ.
	V			До 200 включ.	Св. 100 до 400 включ.
Автомобильные дороги низших категорий	VI-a	Для транспортных связей малых сельских поселений и объектов сельскохозяйственного производства между собой и с дорогами более высоких категорий	Местные дороги с незначительной интенсивностью движения	–	Св. 25 до 100 включ.
	VI-б			–	До 25 включ.
<p><i>Примечания</i></p> <p>1 Для подъездов к аэропортам I класса следует проектировать скоростную автомобильную дорогу, если расчетная интенсивность движения превышает 4000 ед./сут.</p> <p>2 Нормы проектирования автомобильных дорог низших категорий следует принимать в соответствии с положениями кодекса [18].</p> <p>3 К крупнейшим относятся города с численностью населения на перспективный период, превышающей 1000000 чел., к крупным – превышающей 200000 чел. [4].</p>					

На автомобильных дорогах общего пользования, обеспечивающих безопасный и повышенный скоростной режим движения с высоким уровнем сервисного обслуживания может взиматься плата за проезд в установленном порядке. Отнесение автомобильных дорог к категории платных и порядок пользования ими определяются Советом Министров Республики Беларусь.

Автомобильные дороги общего пользования должны иметь наименования и номера, а дороги необщего пользования – наименования. *Наименование дороги общего пользования* включает в себя названия ее начального и конечного населенных пунктов в границах Республики Беларусь (при необходимости – только названия промежуточных населенных пунктов). *Номер автомобильной дороги общего пользования* состоит из буквы алфавита и группы цифр, которые указываются на информационно-указательных дорожных знаках (картах и атласах автомобильных дорог).

Наименования и номера международных автомобильных дорог утверждаются Советом Министров Республики Беларусь в соответствии с междуна-

родными договорами Республики Беларусь. Наименования и номера республиканских автомобильных дорог утверждаются республиканским органом государственного управления в области автомобильных дорог и дорожной деятельности. Наименования и номера местных автомобильных дорог утверждаются областными исполнительными комитетами по согласованию с республиканским органом государственного управления в области автомобильных дорог и дорожной деятельности. Наименования автомобильных дорог необщего пользования утверждаются областными исполнительными комитетами по представлениям владельцев дорог [63].

По уровню требований к эксплуатационному состоянию автомобильных дорог, устанавливаемому с учетом их народнохозяйственного и административного значений, интенсивности движения транспортных средств, различают пять уровней.

Классификация автомобильных дорог по уровням требований к их эксплуатационному состоянию устанавливается в соответствии с положениями стандарта [9], основные сведения из которого приведены в таблице 1.4.

Таблица 1.4 – Классификация автомобильных дорог по уровням требований к их эксплуатационному состоянию

Уровень требований	Народнохозяйственное и административное значения автомобильных дорог	Интенсивность движения, физических ед./сут
1	Республиканские автомобильные дороги, включенные в сеть международных автомобильных дорог; важнейшие республиканские автомобильные дороги, соединяющие г. Минск с административными центрами областей и Национальным аэропортом «Минск» и административные центры областей между собой	Свыше 3000
2	Республиканские автомобильные дороги, соединяющие административные центры областей с административными центрами районов; подъезды к пограничным пунктам таможенного оформления; местные автомобильные дороги, имеющие важное народнохозяйственное значение	1000–3000
3	Республиканские автомобильные дороги, не отнесенные к уровням требований 1 и 2, соединяющие, как правило, административные центры районов между собой по одному из направлений; местные автомобильные дороги, соединяющие города районного подчинения, поселки городского типа с административными центрами районов, а также с ближайшими железнодорожными станциями и республиканскими автомобильными дорогами	500–1000



## Окончание таблицы 1.4

Уровень требований	Народнохозяйственное и административное значения автомобильных дорог	Интенсивность движения, физических ед./сут
4	Местные автомобильные дороги, не отнесенные к уровням требований 2 и 3, а также автомобильные дороги, соединяющие центральные усадьбы совхозов и колхозов, административные центры сельсоветов, больницы, культурно-исторические памятники с административными центрами областей и районов и с ближайшими железнодорожными станциями, и республиканскими автомобильными дорогами	100–500
5	Местные автомобильные дороги, не отнесенные к уровням требований 2, 3 и 4.	Менее 100
<p><i>Примечания</i></p> <p>1 Уровни требований к республиканским автомобильным дорогам и их перечень утверждаются Холдингом «Белавтодор» Министерства транспорта и коммуникаций Республики Беларусь по представлению владельцев автомобильных дорог.</p> <p>2 Уровни требований к местным автомобильным дорогам и их перечень утверждаются облисполкомами.</p> <p>3 При установлении уровней требований определяющим фактором является народнохозяйственное и административное значение автомобильных дорог.</p> <p>4 Уровни требований к автомобильным дорогам утверждаются на срок до 5 лет.</p> <p>5 При соответствующем технико-экономическом обосновании уровни требований к автомобильным дорогам могут изменяться относительно их народнохозяйственного и административного значения.</p>		

## 1.5 Параметрические характеристики автомобильных дорог

### 1.5.1 План трассы и ее элементы

Строительству дорог по кратчайшим направлениям (по прямой, соединяющей заданные точки) препятствуют элементы рельефа земной поверхности (горы, овраги), водные преграды (болота, озера, реки), заповедники и т.д. Нецелесообразно также прокладывать дороги по высокоплодородным землям, ценным для сельского хозяйства. В то же время часто возникает необходимость проведения дороги через заданные промежуточные пункты и места примыкания к городам, участки, удобные для пересечения рек, железных и автомобильных дорог. Как можно видеть на рисунке 1.11, из-за необходимости устройства перехода через реку на прямом участке с удобным подходом к мосту по пологим склонам оврага, желания обойти населенный пункт и избежать пересечения оврага заставили проектировщиков при разработке трассы дороги отклониться от кратчайшего прямого направления.

С учетом ранее сказанного трассу дороги проектируют в виде плавной ломаной линии с взаимной увязкой элементов плана, продольного и поперечного

профилей между собой и с прилегающей местностью, с оценкой их влияния на условия движения и зрительное восприятие дороги участниками движения.

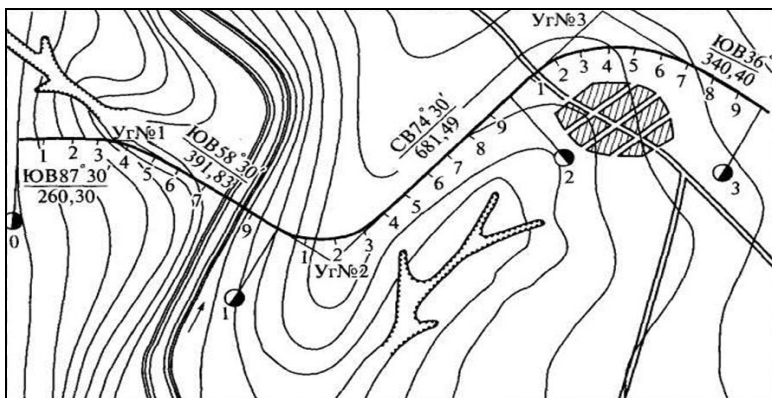


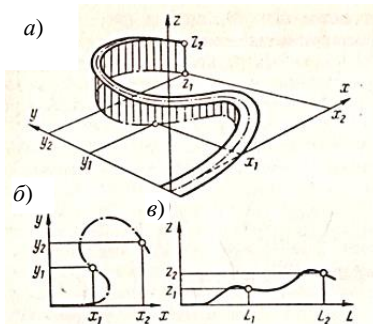
Рисунок 1.11 – Фрагмент плана трассы дороги [37]

**Удлинение дороги**, вызванное введением углов поворота, характеризуют *коэффициентом развития*, или *коэффициентом удлинения*, равным отношению фактической длины дороги к длине прямой, соединяющей начальный и конечный ее пункты («воздушной линии»).

Графическое изображение проекции трассы на горизонтальную плоскость, выполненное в уменьшенном масштабе, называют *планом трассы*.

Положение геометрической оси дороги на местности называется ее *трассой*. Поскольку трасса при обходе препятствий, на подъемах на холмы и спусках в понижения местности меняет свое направление в плане и продольном профиле, она является *пространственной линией* (рисунок 1.12).

Рисунок 1.12 – Ось дороги [37]:  
 а – вид полотна дороги в аксонометрии;  
 б – план дороги; в – продольный профиль;  
 $(x_1; y_1; z_1), (x_2; y_2; z_2)$  –  
 координаты точек;  
 $l_1, l_2$  – заложения (расстояния) точек



В местах изменения направления трассы при обходе препятствия образуется *угол поворота*. В итоге трасса представляет собой сочетание прямых участков разной длины с плавными кривыми. Геометрические элементы угла поворота представлены на рисунке 1.13 [14].

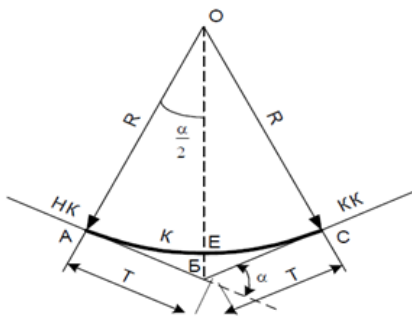


Рисунок 1.13 – Схема основных элементов круговой кривой:

- $\alpha$  – угол, град; Б – вершина угла;
- А, С, О – точки начала, конца и центра кривой; Б – биссектриса;
- R – радиус круговой кривой;
- K – длина кривой; T – тангенс;
- HK, KK – начало и конец кривой

Элементы кривой связаны между собой простыми тригонометрическими соотношениями:

$$T = R \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}; \quad (1.1)$$

$$B = R \left( \sec \frac{\alpha}{2} - 1 \right); \quad (1.2)$$

$$K = \frac{\pi R \alpha}{180}. \quad (1.3)$$

где R – радиус круговой кривой, м;  $\alpha$  – величина угла поворота автомобильной дороги, град.

Расчетные скорости движения для проектирования геометрических элементов дороги – плана, продольного и поперечного профилей [15] – следует принимать по таблице 1.5.

Таблица 1.5 – Значения расчетных скоростей в зависимости от категории автомобильной дороги [17]

В километрах в час

Категория дороги	Расчетная скорость		Категория дороги	Расчетная скорость	
	основная	допускаемая		основная	допускаемая
I-а	140	120	III	100	80
I-б	120	100	IV	80	60
I-в	120	100	V	60	40
II	120	100	–	–	–

Допускаемые расчетные скорости, приведенные в таблице 1.5, могут применяться для назначения параметров геометрических элементов отдельных участков дороги, расположенных:

– в холмистой местности – для назначения параметров плана и продольного профиля. К участкам холмистой местности относится рельеф с разностью отметок долин и водоразделов 50 м и более на расстоянии до 0,5 км;

– в стесненных условиях или при реконструкции – для назначения параметров плана, продольного и поперечного профилей. Определяются наличием вдоль трассы дороги, проектируемой в пригородной зоне, капитальных сооружений, лесных массивов, важных инженерных коммуникаций (коридоров высоковольтных линий электропередач, магистральных трубопроводов), а также пойм судоходных рек, глубоких (более 5 м) болот, водоемов, природоохранных территорий.

При проектировании геометрических элементов дороги не допускается уменьшение:

- числа полос движения – для дорог I-а, I-б, I-в категорий;
- ширины полос движения – для дорог III и IV категорий;
- ширины обочины – для дорог IV категории.

Снижение расчетной скорости до 60 км/ч для дорог IV категории допускается только при расчетной интенсивности движения до 500 ед./сут и переходном типе дорожной одежды.

#### **Назначение радиусов кривых в плане. Вираж. Переходная кривая.**

Центробежная сила, перпендикулярная направлению движения, оказывает на автомобиль, водителя и пассажиров опрокидывающее и сдвигающее воздействия. Перераспределение давления между правыми и левыми колесами вызывает явление *бокового увода колеса* (рисунок 1.14), оно также осложняет условия управления автомобилем [10]. На кривых малых радиусов увеличивается расход топлива и повышается износ шин. В ночное время проезд криволинейных участков осложняется тем, что свет фар освещает дорогу перед автомобилем на меньшее расстояние, чем на прямых участках.

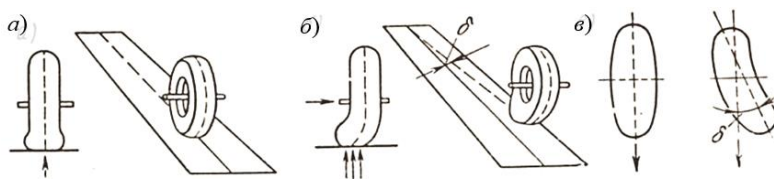


Рисунок 1.14 – Явление бокового увода колеса [40]:

- а* – движение при отсутствии боковой силы; *б* – движение при наличии боковой силы;  
*в* – форма площадей контакта шины с покрытием при отсутствии и при наличии боковой силы;  
 $\delta$  – угол бокового увода

Все указанные отрицательные факторы проявляются тем сильнее, чем меньше радиус кривой в плане. Поэтому безопасность, удобство и эконо-

мичность движения автомобилей с расчетной скоростью возможны только при назначении достаточно больших радиусов кривых.

На участках кривых в плане, радиусы кривизны которых меньше значений, приведенных в таблице 1.6, следует предусматривать устройство проезжей части с односкатным поперечным профилем (виражом) (рисунок 1.15, а).

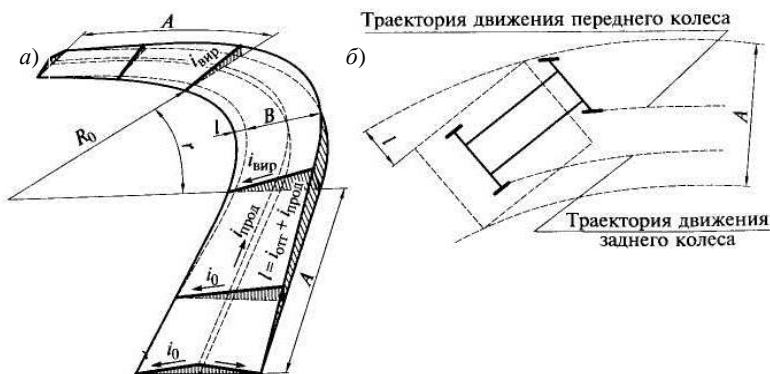


Рисунок 1.15 – Схема виража (а) и схема движения колес транспортного средства на кривой (б) [62]:

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

*Ви́раж* следует рассматривать с уклона, равного уклону проезжей части на прямой, в точке, с радиусом кривизны, соответствующим значениям, приведенным в таблице 1.6, с доведением до максимального уклона, назначаемого на участке круговой кривой в соответствии с таблицей 1.7. Допускается смещение точки начала виража в случае недостатка места для перехода от двускатного поперечного профиля к односкатному.

Таблица 1.6 – Значения радиусов кривых в зависимости от расчетной скорости и типа дорожной одежды [17]

Расчетная скорость, км/ч	140	120	100	80	60	40
Радиус кривой, м	$\frac{3000}{-}$	$\frac{2000}{-}$	$\frac{2000}{-}$	$\frac{2000}{600}$	$\frac{1000}{600}$	$\frac{-}{400}$
<i>Примечание</i> – В числителе приведены значения для дорог с дорожной одеждой капитального и облегченного типов, в знаменателе – для дорог с дорожной одеждой переходного и низшего типов.						

Таблица 1.7 – Назначение минимального радиуса круговой кривой в зависимости от уклона виража и категории дороги [17]

Уклон виража, %	Минимальный радиус круговой кривой, м, соответствующий уклону виража, для дорог категорий			
	I-a	I-б, I-в, II-IV	V (с дорожными одеждами капитального и облегченного типов)	IV, V (с дорожными одеждами переходного и низшего типов)
20 (25)	1330	850	540	–
30	1240	800	510	300
40	1150	750	480	280
50	1060	700	450	260

*Примечание* – При применении радиусов меньше приведенных в таблице следует принимать максимальные уклоны виража, которые соответствуют следующим значениям: 40 ‰ – в северном дорожно-климатическом районе, 45 ‰ – в центральном и 50 ‰ – в южном. Деление территории Республики Беларусь на дорожно-климатические районы приведено в приложении В.

Круговые кривые малых радиусов сопрягают с прямыми участками трассы посредством вспомогательных *переходных кривых* (рисунок 1.16). Наличие переходных кривых следует предусматривать при радиусах круговых кривых в плане 2000 м и менее, а также при сопряженных кривых, радиусы которых отличаются более чем в 1,3 раза. В качестве переходной кривой принимают *клотоид* (спираль Корню кривая, у которой кривизна изменяется линейно как функция длины дуги. Она используется как переходная кривая (дуга) в дорожном строительстве) или другие кривые с линейным или нелинейным законом изменения кривизны. Особенность переходных кривых заключается в том, что их радиус постепенно изменяется от  $\infty$  (т.к. прямую можно представить в виде кривой, имеющей радиус, равный  $\infty$ ) до  $R$  – радиуса кривой. Устройство переходных кривых обеспечивает плавное вписывание автомобиля на повороте.

При устройстве переходных кривых круговая кривая сохраняется только на протяжении, измеряемом углом  $\alpha$ , уменьшенным на  $2\beta$ , т.е. центральный угол круговой кривой будет равен  $\alpha - 2\beta$ . Разбивка переходных кривых возможна при соблюдении условия  $\alpha \geq 2\beta$  [14].

Переход от двускатного поперечного профиля к односкатному (отгон виража) следует начинать, как правило, в начале *переходной кривой*. Длину отгона следует принимать исходя из допустимого значения дополнительно продольного уклона наружной кромки проезжей части по отношению к проектному продольному уклону дороги на участке отгона виража и изменения уклона виража, которое должно быть не более, ‰:

– для дорог I-a, I-б, I-в и II – IV категорий, соединительных ответвлений транспортных развязок – 5;

– для дорог V категории – 10;

– для всех дорог – на участке перехода от двускатного поперечного профиля к односкатному – не менее 3.

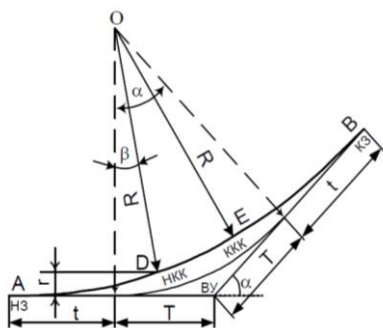


Рисунок 1.16 – Схема закругления с переходными кривыми [50];

$t$  – сдвигка кривой (добавочный тангенс);  $\beta$  – угол, образованный касательными в начале и в конце переходной кривой;  $r$  – сдвигка кривой;  $AD$  и  $EB$  – переходная кривая;  $НЗ$  – начало закругления;  $КЗ$  – конец закругления;  $НKK$  – начало круговой кривой;  $ККК$  – конец круговой кривой

При отсутствии *переходной кривой* (при реконструкции) отгон виража допускается осуществлять на прилегающем прямом участке.

Допускается не устраивать вираж в случае реконструкции участков дорог с числом полос движения четыре и более при условии обеспечения коэффициента поперечной силы не более 0,1 (для основной расчетной скорости)

$$\mu = 0,2 - 7,5 \cdot 10^{-4} v, \quad (1.4)$$

где  $v$  – расчетная скорость, км/ч.

Уклон внешней обочины в пределах участка с виражом следует принимать равным уклону виража, уклон внутренней обочины – равным уклону на прилегающем прямом участке. Результирующий уклон в любой точке поверхности *отгона виража* должен быть не менее 4 ‰.

Ви́ражи на многополосных дорогах с разделительными полосами следует проектировать отдельно для проезжих частей разных направлений, предусматривая мероприятия по водоотводу с разделительной полосы.

Длина участка круговой кривой, расположенной между переходными кривыми, при новом строительстве должна быть не менее расстояния, преодолеваемого с расчетной скоростью за 2 с.

Наименьшую длину полных переходных кривых следует принимать согласно таблице 1.8.

При углах поворота трассы до  $5^\circ$  длина кривой в плане должна быть не менее значений, представленных в таблице 1.9.

В общем случае наименьшие радиусы кривых в плане определяют по формуле

$$R = \frac{v^2}{127 (\mu \pm i_{\text{пн}})}, \quad (1.5)$$

где  $v$  – расчетная скорость, км/ч;  $\mu$  – коэффициент поперечной силы;  $i_{\text{пн}}$  – поперечный уклон проезжей части в долях единицы, применяется для виража со знаком «+», для двускатного поперечного профиля – со знаком «-».

Таблица 1.8 – Наименьшая длина переходной кривой в зависимости от категории и радиуса круговой кривой [17]

Радиус круговой кривой	Наименьшая длина полной переходной кривой для дорог категорий, м			
	I-а	I-б, I-в, II, III	IV, V (с дорожной одеждой усовершенствованного типа), соединительные ответвления развязок	IV, V (с дорожной одеждой переходного и низшего типов)
2000	200	200	100	—
1500	150	150	100	—
1200	160	120	100	—
1000	170	120	100	—
800	150	150	100	—
600	—	170	120	60
500	—	130	140	70
400	—	—	150	90
300	—	—	130	120
250	—	—	100	100
200	—	—	90	90
150	—	—	80	80
100	—	—	70	70
60	—	—	60	60
50	—	—	50	—
30	—	—	40	—

Таблица 1.9 – Минимальная длина кривой в плане в зависимости от расчетной скорости при углах поворота до 5° [17]

Расчетная скорость, км/ч	140	120	100	80
Длина кривой, м, не менее	500	300	200	150

Наименьшая длина отрезков *переходных кривых* при сопряжении круговых кривых, а также длина полных переходных кривых при реконструкции (в случае необходимости сохранения положения оси или с близким расположением смежных кривых) между обратными кривыми на соединительных ответвлениях развязок [17], м,

$$L = \frac{v_6^3 \cdot \Delta K}{47 I}, \quad (1.6)$$

где  $v_6$  – наибольшая по условиям безопасности скорость для данного радиуса кривой, км/ч, принимаемая по расчету, но не более для дорог: I-а, I-б, I-в и II категорий – соответствующих основных расчетных скоростей; III категории – 120; IV и V категорий с дорожной одеждой усовершенствованного типа – 100; IV и V категорий с дорожной одеждой переходного типа – 80;  $\Delta K$  – разность кривизны элементов плана трассы, сопрягаемых переходной кривой, м<sup>-1</sup>;  $I$  – скорость нарастания центробежного ускорения, м/с<sup>2</sup>, принимаемая равной: 0,3 – для радиусов кривых 300 м и более; 0,4 – для радиусов кривых менее 300 м.



При реконструкции дорог допускается увеличение этих значений:

- до 0,5 – для радиусов кривых 300 м и более;
- 0,7 – для радиусов закруглений св. 150 до 300 м;
- 0,9 для радиусов закруглений до 150 м включительно.

**Уширение проезжей части в кривых.** При повороте автомобиля каждое колесо его движется по самостоятельной траектории, в результате чего ширина занимаемой автомобилем полосы проезжей части увеличивается (рисунок 1.15, б). Чтобы условия движения по кривой были аналогичны условиям движения на прямом участке, проезжую часть на кривых малых радиусов необходимо уширять.

В пределах участков кривых в плане с радиусом кривизны 500 м и менее (для дорог V категории – 300 м и менее) следует предусматривать уширение проезжей части за счет обочины. Значение уширения следует принимать по таблице 1.10. Уширение необходимо производить с внутренней стороны закругления, ширина обочины при этом должна быть не менее 1 м. Отгон уширения следует выполнять на участках длиной 20 м, прилегающих к точке закругления с радиусом кривизны 500 м (300 м – для дорог V категории).

Таблица 1.10 – Полное уширение проезжей части в зависимости от категории, количества полос и радиуса кривой [17]

В метрах

Радиус кривизны	Значение полного уширения		
	дороги III и IV категорий, соединительные ответвления		дороги V категории
	для двух полос	для одной полосы	для двух полос
500	0,25	–	–
300	0,40	–	0,25
200	0,50	–	0,35
150	0,75	–	0,50
100	1,0	0,70	0,70
50	2,10	1,40	1,40
30	3,50	2,40	–
20	–	3,50	–
<p><i>Примечания</i></p> <p>1 Значения уширений для других радиусов следует принимать по интерполяции.</p> <p>2 Значение уширения многополосной проезжей части следует принимать пропорционально числу полос исходя из уширения для двух полос движения.</p> <p>3 Полное уширение следует устраивать, если произведение минимального радиуса кривизны закругления на угол поворота превышает 50 м. В противном случае величина уширения должна быть уменьшена.</p>			

Таким образом, при малых радиусах поворота ширина полосы существенно увеличивается. На горных и промышленных дорогах, предназначенных для вывозки длинномерных грузов (бревна, трубы и др.), в некоторых случаях размеры земляного полотна и ширину покрытия на кривых

малых радиусов необходимо обосновывать индивидуальными расчетами, контролируя размер выхода грузов за бровки земляного полотна.

**Построение плана трассы и его оформление.** План трассы, как правило, вычерчивается в масштабе 1:5000 (в 1 см – 50 м) на листе формата А3 либо в масштабе 1:10000 (в 1 см – 100 м) на листе формата А4. Вначале из точки начала дороги проводится луч в направлении, определяемом румбом первого прямолинейного участка. Румбом называется угол между направлением участка дороги и линией «север – юг», отсчитываемый от 0 до 90° в пределах одного из четырех секторов азимутального круга. Секторы обозначаются буквами: СВ – северо-восточный, ЮВ – юго-восточный, ЮЗ – юго-западный, СЗ – северо-западный. Если румб не указан, луч проводится в северном направлении (вверх). На луче откладывается отрезок, равный в масштабе длине первого прямолинейного участка, и таким образом определяется положение точки начала первой кривой в плане (НК1). Если исследуемый участок дороги начинается не с начала километра, длину первого прямолинейного участка следует рассчитать, исходя из количества пикетов (участков длиной 100 м), размещенных на исследуемом отрезке, и расстояния от ближайшего пикета до точки начала (конца) соседней кривой в плане, указанного возле этой точки (см. рисунок 1.17).

От полученной точки НК1 далее по лучу откладывается расстояние, равное тангенсу кривой в плане (Т1), и определяется положение вершины угла поворота № 1 (ВУ1). В вершине угла в необходимом направлении (вправо или влево) откладывается угол поворота (*угол между продолжением первоначального направления трассы и ее новым направлением*). В новом направлении трассы от вершины угла вновь откладывается расстояние Т1 и определяется положение точки окончания первой кривой в плане (КК1), от которой далее по лучу откладывается расстояние, соответствующее длине второго прямолинейного участка. От полученной точки начала второй кривой в плане (НК2) откладывается тангенс второй кривой (Т2) для получения вершины угла поворота № 2 (ВУ2). Далее процесс построения плана трассы аналогичен рассмотренному выше и продолжается до прибытия в точку конца дороги (см. рисунок 1.17).

Для построения криволинейных участков определяется положение центров каждого из поворотов. Из точек НК и КК перпендикулярно трассе проводятся лучи. Точка их пересечения определяет положение центра поворота. Расстояние от центра поворота до точек НК и КК будет соответствовать радиусу поворота. После построения плана трассы он разбивается на пикеты. Расставляются указатели километров (в каждом километре 10 пикетов), обозначаются вершины углов поворота и их центры (обозначаются буквами «О» с соответствующими индексами), точки начала и конца кривых в плане, характеристики прямолинейных участков и углов поворота [56].

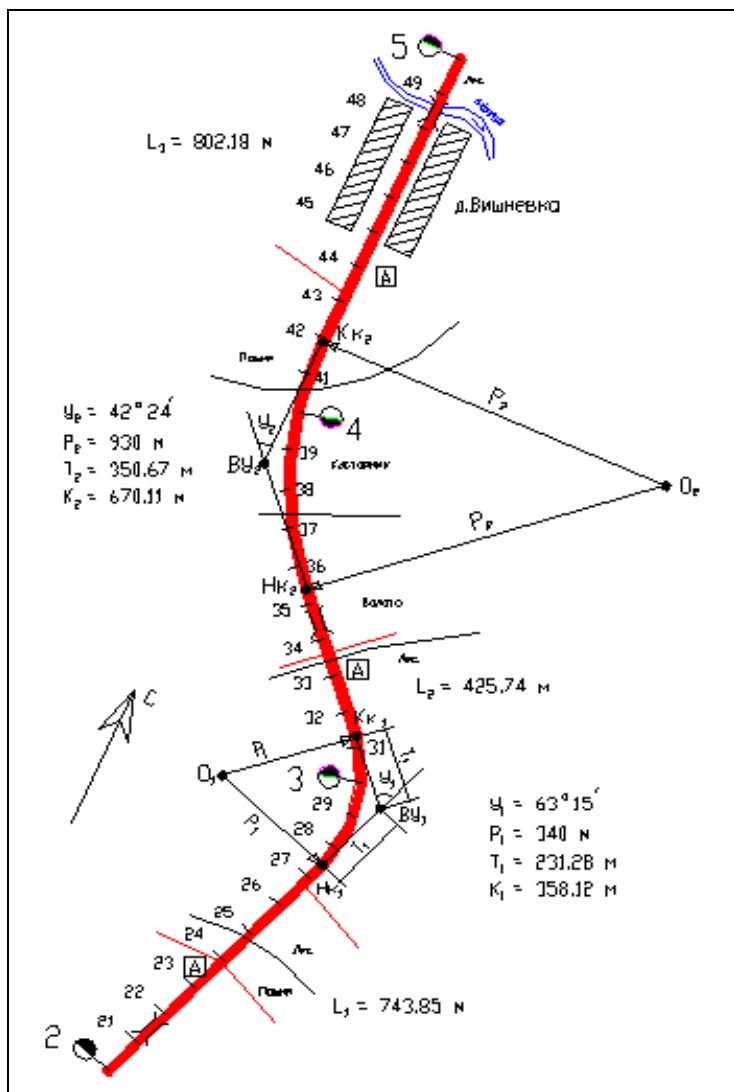


Рисунок 1.17 – Вариант плана участка трассы [56]

Далее вдоль трассы наносится ситуация, как правило, по 50 м в каждую сторону от нее – расположение пересечений дорог, мостов, населенных пунктов, отдельных строений, линий электропередач, лесных массивов, по-

лей и т.д. Масштаб изображения ситуации на плане трассы в поперечном направлении от оси дороги целесообразно принять М 1:5000 (в 1 см 50 м). Пример построения плана трассы приведен на рисунке 1.17.

После выполнения графической части рассчитываются основные характеристики плана трассы:

- суммарная длина прямых участков;
- средняя протяженность прямолинейного участка (отношение суммарной длины прямых к количеству прямолинейных участков);
- суммарная длина кривых в плане;
- средняя протяженность кривой в плане (отношение суммарной длины кривых в плане к их количеству);
- количество углов поворота;
- удельное количество углов поворота на 1 км дороги;
- средняя величина угла поворота;
- коэффициент развития трассы;
- минимальный радиус кривой в плане на каждом километре исследуемого участка и др.

### **1.5.2 Поперечный профиль автомобильной дороги**

**Поперечный профиль** – это поперечный разрез автомобильной дороги плоскостью, перпендикулярной ее оси и представляющий собой схематический чертеж конструкции земляного полотна совместно с дорожной одеждой (как правило, частично, а в общем случае – по необходимости) и системой водоотвода (рисунок 1.18).

Земляное полотно проектируют в виде насыпей или выемок. Оно включает следующие элементы:

- верхнюю часть земляного полотна (рабочий слой);
- нижнюю часть насыпи (часть полотна, располагающуюся ниже рабочего слоя);
- откосные части насыпи или выемки;
- основание насыпи (массив грунта, на поверхности которого возводится насыпь);
- основание выемки (массив грунта ниже границы рабочего слоя);
- устройства для поверхностного водоотвода;
- устройства для понижения или отвода грунтовых вод (дренаж);
- поддерживающие и защитные геотехнические устройства и конструкции, предназначенные для защиты земляного полотна от опасных геологических процессов (эрозии, оползней и т. п.).

Земляное полотно следует проектировать с учетом категории дороги, типа дорожной одежды, высоты насыпи и глубины выемки, свойств грунтов, используемых в земляном полотне, условий производства работ по устройству полотна, природных условий района строительства и особен-

ностей инженерно-геологических условий участка строительства, опыта эксплуатации дорог в данном районе, исходя из обеспечения требуемых прочности, устойчивости и стабильности как самого земляного полотна, так и дорожной одежды, при наименьших затратах на стадиях строительства и эксплуатации, а также при максимальном сохранении ценных земель и наименьшем ущербе окружающей природной среде.

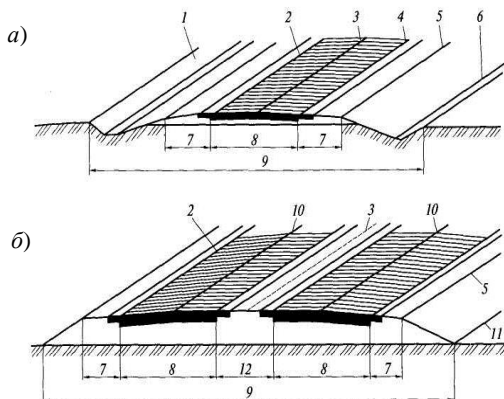


Рисунок 1.18 – Элементы поперечного профиля земляного полотна автомобильной дороги [62]:

- а – с одной проезжей частью;  
 б – с двумя проезжими частями и разделительной полосой;  
 1 – внешний откос канавы;  
 2 – укрепленная 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

Полосу местности, выделяемую для расположения на ней автомобильной дороги, разработки грунта, предназначенного для отсыпки насыпей, постройки вспомогательных сооружений и посадки зеленых насаждений, называют *дорожной полосой*, или *полосой отвода*.

Полоса поверхности дороги, в пределах которой происходит движение автомобилей, представляет собой *проезжую часть*. Ее укрепляют прочными материалами, устраивая дорожную одежду, верхний слой которой называют *покрытием*. Автомобильные дороги категорий I-а, I-б и I-в имеют самостоятельные проезжие части для движения в каждом направлении. Между ними для безопасности проектируют *разделительную полосу*, на которую запрещается заезд автомобилей. Сбоку от проезжей части расположены *обочины*. Они используются для временной стоянки автомобилей и для размещения дорожно-строительных материалов при ремонтах. Наличие обочины, окаймляющей проезжую часть, способствует безопасности движения автомобилей. Вдоль проезжей части на обочинах и разделительных полосах укладывают *укрепленные полосы*, повышающие прочность края дорожной одежды и обеспечивающие безопасность при случайном съезде колеса автомобиля с покрытия. Наличие укрепленных полос оказывает положительный психологический эффект на водителей, ликвидируя «боязнь» приближения к краю проезжей части.

Основными нормативными параметрами поперечного профиля автомобильных дорог являются: число и ширина полос движения, ширина проезжей части, ширина обочины (в том числе укрепленной и остановочной полос), наименьшая ширина разделительной полосы (в том числе укрепленной полосы), ширина дорожного полотна и поперечный уклон.

В зависимости от категории дороги установлены значения параметров поперечного профиля автомобильной дороги, представленные в таблице 1.11.

*Таблица 1.11 – Значения основных параметров поперечного профиля для различных категорий дорог [17]*

В метрах

Наименование параметра	Значение параметра для категорий дорог					
	I-а	I-б, I-в	II	III	IV	V
Число полос движения	4; 6	4; 6	2	2	2	2
Ширина полосы движения	3,75	3,5	3,5	3,5	3	2,75
Ширина проезжей части	7,5×2 11,25×2	7×2 10,5×2	7	7	6	5,5
Ширина обочины В том числе:	3,75	3	3	2,5	2	1,25
укрепленной полосы	–	0,5	0,75	0,5	0,5	–
остановочной »	2,5	2,5	–	–	–	–
Наименьшая ширина разделительной полосы	2 + s	2 + s	–	–	–	–
В том числе укрепленной полосы	0,75	0,5	–	–	–	–
Ширина дорожного полотна	24,5 + s 32 + s	22 + s 29 + s	13	12	10	8
Поперечный уклон проезжей части, %	3-5	5-7	7-15	15-20	20-25	Более 25
<i>Примечание – s – ширина барьерного ограждения, устанавливаемого на разделительной полосе.</i>						

Для осушения дороги и отвода воды от нее проектируют боковые канавы – *кюветы*. К земляному полотну относятся также *резервы* – неглубокие выработки вдоль дороги, из которых был взят грунт для отсыпки насыпи, и *кавалеры* – параллельные дороге валы, в которые укладывают грунт из выемок, не потребовавшийся для отсыпки смежных участков насыпей. *Земляным полотном* называют всю часть полосы отвода, затронутую земляными работами.

Проезжая часть и обочины отделяются от прилегающей местности правильно спланированными наклонными плоскостями – *откосами*. В выемках и кюветах различают *внешний и внутренний откосы*. Линия сопряжения поверхностей обочины и откоса насыпи или внутреннего откоса канавы образуют *бровку земляного полотна*. Расстояние между бровками условно называют *шириной земляного полотна*. Крутизну откосов характеризуют *коэффициентом заложения*, который определяется отношением высоты откоса к его горизонтальной проекции – *заложению*.

На полном поперечном профиле конструкции земляного полотна указывают следующую информацию:

- ось проектируемой автомобильной дороги;
- линию фактической поверхности земли;
- контур проектируемого земляного полотна с указанием крутизны откосов, а при реконструкции, кроме того, контур существующего земляного полотна;
- ширину земляного полотна и его элементов;
- ширину проезжей части, разделительной полосы, обочин и укрепленных полос;
- направление и величину уклонов верха земляного полотна и поверхности дорожной одежды;
- конструкцию дорожной одежды (при необходимости);
- элементы укрепления обочин, откосов и водоотводных сооружений (схематично) с указанием обозначения документации, необходимой для его выполнения;
- контур и величину срезки плодородного слоя, удаления торфа или замены непригодного грунта;
- дренажные устройства и их обозначения (схематично);
- границы полосы отвода земли.

**Особенности проектирования поперечного профиля дорожного полотна.** Основные параметры поперечного профиля дорожного полотна следует принимать в соответствии с таблицей 1.11.

На автомобильных дорогах необходимо предусматривать шесть полос движения в следующих случаях:

- при расчетной интенсивности движения 30000 ед./сут и более – для дорог I-а категории;
- при расчетной интенсивности движения 40000 ед./сут и более – для дорог I-б и I-в категорий;
- для участков дорог I-б и I-в категорий в зоне влияния крупных и крупнейших городов (в пригородных зонах) при расчетной интенсивности движения 7000 прив. ед./ч и более в обоих направлениях или 3500 прив. ед./ч и более в наиболее загруженном направлении (при коэффициенте неравномерности движения по направлениям – 0,75 и более).

При соответствующем технико-экономическом обосновании на автомобильных дорогах I-б категории может быть предусмотрено восемь полос движения.

Остановочные полосы, представляющие собой часть обочины с дорожной одеждой капитального или облегченного типа, шириной 2,5 м, следует предусматривать:

- на дорогах I-а категории;
- на дорогах I-б категории – при расчетной интенсивности движения более 15000 ед./сут и дорогах I-в категории – при расчетной интенсивности

движения более 20000 ед./сут – на всем протяжении; при меньшей расчетной интенсивности движения и на дорогах II категории – у съездов, на которых не предусматривается устройство переходно-скоростных полос, на расстоянии не менее 100 м в обе стороны от съезда.

Дополнительные полосы проезжей части в сторону подъема следует предусматривать на участках дорог с двухполосной проезжей частью при расчетной интенсивности движения св. 1000 ед./сут и продольном уклоне более 30 ‰ – при длине участка св. 1 км, а при уклоне более 40 ‰ – при длине участка св. 0,5 км.

Ширину дополнительной полосы движения следует принимать 3,5 м для дорог II и III категорий и 3 м – для дорог IV категории на всем протяжении подъема. Протяженность дополнительной полосы за окончанием подъема следует принимать не менее 100 м при расчетной интенсивности движения в сторону подъема до 5000 ед./сут, при большей расчетной интенсивности – не менее 200 м. Окончанием подъема следует считать точку с продольным уклоном 10 ‰.

Ширина разделительной полосы на участках дорог, где в перспективе возможно увеличение числа полос проезжей части, а также при соответствующем технико-экономическом обосновании и в других случаях может быть соответственно увеличена. В этом случае на разделительной полосе следует предусматривать устройство газона. Допускается, в условиях реконструкции дороги, при соответствующем технико-экономическом обосновании, не устраивать разделительные полосы на дорогах I-б и I-в категорий. Длина такого участка должна быть не менее 1 км, а геометрические параметры плана и продольного профиля (а именно продольный уклон, радиус кривой в плане и радиус кривой в продольном профиле) – соответствовать нормативу [17]. Примеры поперечных профилей с разделительной полосой на дорогах категорий I-а, I-б, I-в представлены на рисунке 1.19.

Поперечный профиль разделительной полосы может быть выпуклым (рисунок 1.19, а) или вогнутым (рисунок 1.19, б). Недостатком выпуклого поперечного профиля является возможность выноса во время ливня мусора с разделительной полосы на проезжую часть. При широкой разделительной полосе предпочтительнее проектировать вогнутые очертания поперечного профиля, т.к. вода движется вдоль разделительной полосы и на вогнутых участках дороги попадает в водоприемный колодец 6 и уходит за пределы дорожного полотна по водоотводной трубке 7.

На рисунке 1.20 представлены несколько вариантов реализации разделительной полосы.

Ширина части обочины, остающейся за пределами укрепленной полосы в условиях реконструкции, при соответствующем технико-экономическом обосновании и разработке специальных мероприятий по организации и безопасности движения, в случаях, когда геометрические параметры плана и



продольного профиля (а именно продольный уклон, радиус кривой в плане и радиус кривой в продольном профиле) соответствуют требованиям [3], может быть уменьшена на дорогах I-б, I-в и II категорий до 1,5 м, на дорогах III и IV категорий – до 1,0 м. При этом на дорогах I-б, I-в и II категорий не реже чем через 0,5 км, а на дорогах III категории – 1 км на обочине следует предусматривать площадки с дорожной одеждой капитального или облегченного типа для остановки неисправных автомобилей.

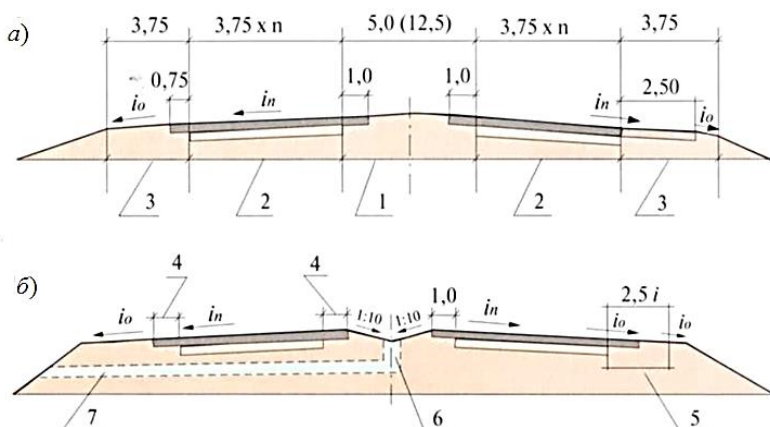


Рисунок 1.19 – Поперечные профили многополосных дорог с различным выполнением разделительной полосы [55]:

*a* – с выпуклой разделительной полосой; *b* – с вогнутой разделительной полосой;  
 $i_n$ ,  $i_o$  – поперечный уклон проезжей части и обочины соответственно; 1 – разделительная полоса; 2 – проезжая часть; 3 – обочина; 4 – укрепленная полоса; 5 – полоса для аварийной остановки; 6 – водоприемный колодец;  
 7 – водоотводная асбестоцементная трубка

Ширину обочин на участках переходно-скоростных полос и дополнительных полос на подъем допускается принимать 1,5 м для дорог I-б, I-в и II категорий, а при применении расчетной скорости 120 км/ч – и для дорог I-а категории; 1,0 м – для дорог III и IV категорий.

Ширина дорожного полотна на длине не менее 10 м от начала и конца мостовых сооружений должна превышать расстояние между перилами не менее чем на 0,5 м с каждой стороны дороги. Переход к уширенному дорожному полотну следует осуществлять на прилегающем участке с отгоном 1:10.

Ширина обочины может быть увеличена при необходимости размещения барьерных ограждений, шумозащитных экранов, водоотводных сооружений или других элементов дороги.

а)



б)



в)

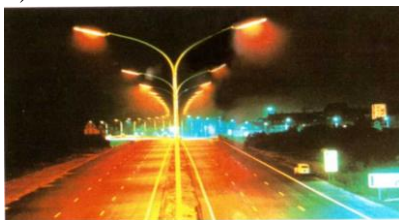


Рисунок 1.20 – Многополосная автомобильная дорога:

а – с газоном на разделительной полосе;  
 б – с барьерным ограждением на разделительной полосе; в – с установкой осветительных опор на разделительной полосе

На прямых участках дорог и на участках кривых в плане с радиусами, не менее чем те, которые были представлены в таблице 1.6, проезжую часть следует предусматривать с двускатным поперечным профилем. Поперечные уклоны проезжей части для асфальтобетонных и цементобетонных покрытий, а также для покрытий, укрепленных органическими и неорганическими вяжущими на двухполосных дорогах следует принимать 20–25 %, на многополосных – 25 %; для гравийных, щебеночных покрытий и для мостовых – 30–40 %.

Величина поперечного уклона проезжей части выбирается по данным таблицы 1.11 в соответствии с категорией дороги и зависит от вида покрытия дорожной одежды и условий стока воды (чем лучше условия стока воды, тем меньшее значение поперечного уклона необходимо).

Поперечный уклон обочины следует принимать на 10–20 % больше поперечного уклона проезжей части.

**Особенности проектирования насыпей и выемок автомобильных дорог.** Для насыпей разрешается без ограничений применять грунты и отходы промышленности, незначительно меняющие прочность и устойчивость под воздействием погодно-климатических факторов. Грунты, а также отходы промышленного производства, изменяющие прочность и устойчивость под воздействием этих факторов и нагрузок с течением времени, в том числе особые грунты<sup>1)</sup>, допускается применять с ограничениями, обосновы-

<sup>1)</sup> *Особые грунты* – это структурно-неустойчивые грунты, обладающие в природном состоянии структурными связями, которые при определенных воздействиях снижают свою прочность или полностью разрушаются, например, торфяные и заторфованные грунты, сапропели, лессы, мергели, трепел и т.д.

вая в проекте их применение результатами испытаний. В необходимых случаях следует предусматривать специальные конструктивные меры по защите неустойчивых грунтов от воздействия погодно-климатических факторов.

На сопряжениях с мостами насыпи на длине поверху не менее высоты насыпи плюс 2 м (считая от устоя) и понизу не менее 2 м необходимо проектировать из дренирующих грунтов с коэффициентом фильтрации не менее 2 м/сут.

Насыпи следует проектировать с учетом несущей способности основания.

Крутизну откосов насыпей, укрепленных посевом трав, следует назначать в соответствии с таблицей 1.12.

**Таблица 1.12 – Крутизна откосов насыпи в зависимости от ее высоты и типа применяемого грунта [17]**

Грунты насыпи	Наибольшая крутизна откосов при высоте откоса насыпи, м		
	до 6	до 12	
		в нижней части – до 6	в верхней части – от 6 до 12
Крупнообломочные грунты, пески крупные, пески средней крупности	1:1,5	1:1,5	1:1,5
Пески мелкие, пески пылеватые	1:1,5	1:2	1:1,5
Глинистые грунты	1:1,75	1:2	1:1,75

В целях обеспечения безопасного съезда транспортных средств в аварийных ситуациях крутизну откосов насыпи высотой до 3 м следует предусматривать для дорог I-а категории – 1:4, I-б, I-в и II категорий – 1:3. Для дорог III и IV категорий крутизну откосов 1:3 следует предусматривать при высоте насыпи до 2 м. При необходимости установки ограждений, а также при большей высоте насыпи крутизну откосов назначают исходя из технологических соображений планировки и содержания откосов, рационального использования земель, при этом крутизна не должна превышать значений, приведенных в таблице 1.12.

При укреплении откосов конструкциями из бетона, железобетона и других материалов крутизна откосов определяется конструктивными требованиями к соответствующему типу укреплений.

При проектировании насыпей из грунтов, влажность которых превышает допустимую, следует предусматривать мероприятия, обеспечивающие необходимую устойчивость земляного полотна.

При проектировании насыпей высотой более 12 м в зависимости от конкретных условий следует определять расчетами:

– возможную величину и продолжительность осадки насыпи за счет ее доуплотнения под действием собственного веса;

- очертание поперечного профиля, обеспечивающее устойчивость откосов насыпи;
- безопасную нагрузку на основание, исключая процессы бокового выдавливания грунта;
- величину и продолжительность осадки основания насыпи за счет его уплотнения под нагрузкой от веса насыпи.

Высоту насыпей и оградительных дамб<sup>1)</sup> у средних и больших мостов и на подходах к ним, а также насыпей на поймах<sup>2)</sup> следует назначать с таким расчетом, чтобы бровка дорожного полотна возвышалась не менее чем на 0,5 м, а бровка незатопляемых регуляционных сооружений и берм – не менее чем на 0,25 м над расчетным горизонтом воды с учетом подпора и высоты волны с набегом ее на откос.

Бровка дорожного полотна на подходах к малым мостам и трубам должна возвышаться над расчетным горизонтом воды с учетом подпора не менее чем на 0,5 м при безнапорном режиме работы сооружения и не менее чем на 1 м – при напорном и полупонапорном режимах.

Вероятность превышения расчетного паводка при проектировании насыпей на подходах к мостам следует принимать: для дорог I-а, I-б, I-в, II и III категорий – 1; IV – 2; для прочих дорог – 3 %.

На подходах к трубам вероятность превышения расчетного паводка следует принимать: для дорог I-а, I-б и I-в категорий – 1; II и III – 2; для прочих дорог – 3 %.

Возвышение бровки обочины над расчетным уровнем снегового покрова (при расчетной вероятности превышения 5 %) следует принимать: для дорог I-а категории – 1,2; I-б и I-в – 1,0; II и III – 0,7; IV и V категорий – 0,5 м.

Наибольшую крутизну откосов выемок, при высоте откоса до 12 м в песчаных и глинистых грунтах, следует назначать 1:1,5.

На снегозаносимых участках выемки глубиной до 1 м следует проектировать раскрытыми с крутизной откосов от 1:5 до 1:10 или разделанными под насыпь; при глубине 1–5 м выемки следует проектировать с кюветами-резервами или заковетными полками шириной не менее 3 м.

**Характеристика и примеры поперечных профилей земляного полотна в насыпях, выемках, на косогорах и их элементы.** Для насыпей высотой 2 м и менее имеются два типа поперечных профилей: обтекаемый и необтекаемый. Основной из них – *обтекаемый поперечный профиль*, применяемый при возможности получения для постройки дороги широкой полосы местности (полосы отвода), имеет закругленные очертания, которые способствуют его плавному обтеканию снеговетровым потоком и меньшей

---

<sup>1)</sup> *Оградительная дамба* – гидротехническое сооружение, представляющее собой грунтовую насыпь трапециевидального сечения, для регулирования водных потоков и предназначенное для защиты низменностей в долинах крупных рек (или побережий) от затопления.

<sup>2)</sup> *Пойма* – часть долины, затопляемая в половодье или во время паводков.

заносимости снегом. Если дорогу прокладывают по малоценным землям, грунт для отсыпки насыпи берут из устраиваемых рядом с насыпью неглубоких выработок – *резервов*. Размеры резервов определяют исходя из количества грунта, необходимого для отсыпки земляного полотна. Глубина резервов должна быть не более 1,5 и не менее 0,3 м. На участках с поперечным уклоном местности резервы располагают с нагорной стороны, на горизонтальных – с одной или двух сторон в зависимости от местных условий. Ширину резервов необходимо, по возможности, выдерживать постоянной на достаточно больших участках (рисунок 1.21).

При постройке дорог на ценных сельскохозяйственных угодьях устраивают насыпи *необтекаемого поперечного профиля*, возводимые из привозного грунта. Поперечные профили в выемках показаны на рисунке 1.22.

На местности с интенсивными метелями и снегопадами выемки глубиной до 5 м целесообразно устраивать с откосами 1:1,5–1:2 с дополнительными полками шириной не менее 4 м для размещения приносимого и счищаемого с дороги снега. При большей глубине для откосов выемок, устраиваемых в песчаных и однородных глинистых грунтах плотной консистенции, принимают заложение 1:1,5, а в крупнообломочных – до 1:1. Для улучшения обтекаемости внешние кромки откосов округляют.

В скальных легко выветривающихся и размягчаемых породах в зависимости от их свойств, степени выветривания и глубины выемки заложение откосов принимают от 1:0,5 до 1:1,5. При этом необходимо учитывать наклон залегания слоев, устойчивость горных пород против выветривания и экспозицию откосов выемок. Часто бывает, что породы (например, сланцевые и меловые), кажущиеся во время разработки вполне устойчивыми, после обнажения подвергаются интенсивному распаду и выветриванию. Чтобы осыпающийся материал не засорял дорожную канаву, в выемках глубиной более 2 м между подошвой откоса и наружной бровкой канавы устраивают полку шириной 1-2 м, которую в процессе содержания дороги периодически очищают.

Если выемкой прорезаются неоднородные по физическим свойствам грунты, откосам можно придавать ломаное или ступенчатое очертание (см. рисунок 1.22, з). Однако устройство таких откосов сложно и поэтому их допускают лишь в тех случаях, когда это дает возможность существенно снизить стоимость земляных работ. Если грунт из выемки непригоден для устройства насыпи или по соображениям баланса земляных работ, его целесообразно транспортировать вдоль дороги в расположенные поблизости насыпи, им уполаживают откосы земляного полотна в насыпях или заполняют расположенные вблизи выемки пониженные участки местности. Только при невозможности использования грунта для указанных целей допускается укладка его на обресте дороги параллельно бровке выемки в

валы – кавальеры, которым придают правильные геометрические очертания (рисунок 1.23).

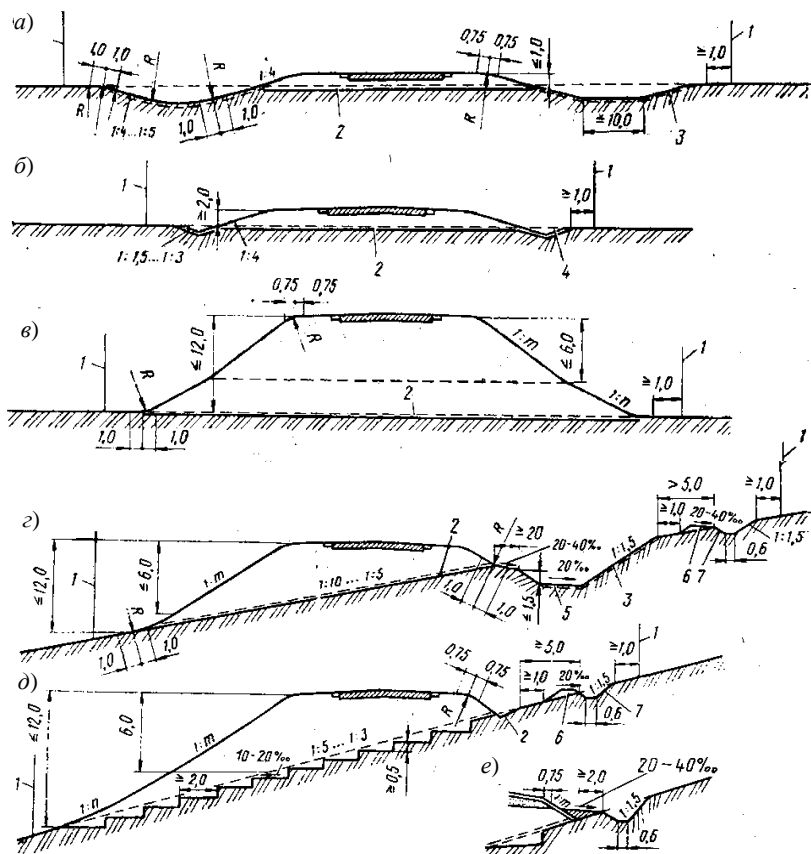


Рисунок 1.21 – Поперечные профили земляного полотна в насыпях [37]:

- а – обтекаемый поперечный профиль с кюветом-резервом при высоте менее 1 м;
- б – необтекаемый поперечный профиль при высоте до 2 м; в – при высоте до 12 м;
- г – на косогоре с уклоном менее 1:1,5 до 1:3 с резервом; д – на косогоре крутизной от 1:5 до 1:3; е – деталь сопряжения верхнего откоса насыпи с поверхностью грунта при отсутствии нагорной канавы – берма; 1 – граница полосы отвода; 2 – снимаемый слой растительного грунта; 3 – слой растительного грунта, укладываемого на откосах; 4 – треугольная канава глубиной по расчету, но не менее 0,3 м; 5 – резерв размером в зависимости от необходимого количества грунта; 6 – банкет высотой не более 0,6 м; 7 – нагорная канава глубиной по расчету, но не менее 0,6 м

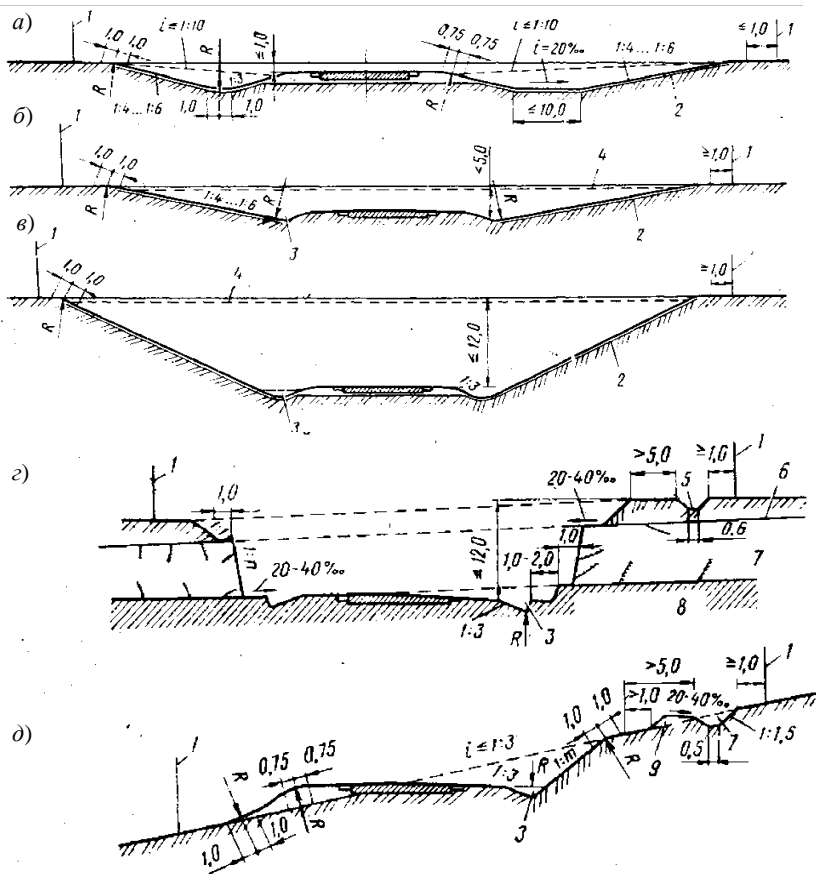


Рисунок 1.22 – Поперечные профили земляного полотна в выемках [37]:

- a* – мелкие выемки обтекаемого профиля – раскрытая (слева) и разделанная под насыпь (справа); *б* – мелкая необтекаемая выемка; *в* – выемка глубиной до 12 м; *г* – выемка в неоднородных грунтах; *д* – полунасыпь-полувыемка на косогоре; 1 – граница полосы отвода; 2 – слой растительного грунта на откосах; 3 – канава глубиной по расчету, но не менее 0,3 м; 4 – снимаемый слой растительного грунта на откосах; 5 – нагорная канава глубиной не менее 0,6 м; 6 – рыхлые отложения; 7 – легковетривающаяся скальная порода; 8 – слабоветривающаяся скальная порода; 9 – банкет высотой не более 0,6 м

Высота кавальеров не должна превышать 3 м. Их отсыпают не ближе 3 м от внешней бровки откоса выемки. При слабых и переувлажненных глинистых грунтах, когда тяжесть кавальера может вызывать оползание откоса, кавальер располагают не ближе чем  $(H+5)$  м от бровки, где  $H$  – высота откоса выемки, м. Чтобы вода, выпадающая во время дождей или обра-

зующаяся при таянии снега, не стекала в выемку, между кавальером и откосом выемки отсыпают вал грунта треугольного сечения, называемый *банкетом*. Высота банкета не превышает 0,6 м; подошва его откоса должна отстоять от бровки выемки не менее чем на 1 м. Поверхности банкета придается уклон 20–40 % в сторону от выемки. Между банкетом и кавальером отрывают *забанкетную канаву* глубиной и шириной по дну не более 0,3 м (рисунок 1.23).

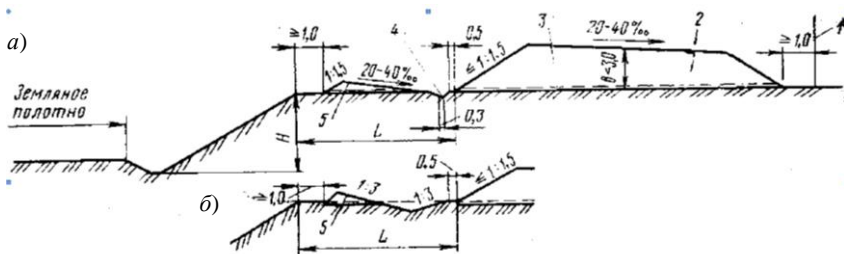


Рисунок 1.23 – Схема расположения кавальера [37]:

- a* – поперечный профиль кавальера; *б* – вариант размещения забанкетной канавы;  
 1 – граница полосы отвода; 2 – снимаемый слой растительного грунта; 3 – кавальер;  
 4 – забанкетная канавка; 5 – банкет

### 1.5.3 Продольный профиль автомобильной дороги

**Продольный профиль автомобильной дороги** – это развернутая в плоскости чертежа проекция оси дороги на вертикальную плоскость, изображенную в уменьшенном масштабе. Продольный профиль является одним из основных проектных документов, он характеризует величину проектных уклонов отдельных участков дороги и расположение ее проезжей части относительно естественной поверхности земли (рисунок 1.24).

Исходными данными при проектировании продольного профиля являются материалы нивелирования<sup>1)</sup>, которые получают в процессе дорожных изысканий.

Проектирование продольного профиля автомобильной дороги включает следующие *этапы*:

- 1) установление и подготовку исходных данных для проектирования;
- 2) нанесение на вычерченный продольный профиль линии поверхности земли по оси дороги и проектной линии в соответствии с основными требованиями к ней;

<sup>1)</sup> *Нивелирование* – процесс, в ходе которого используется геодезический инструмент – нивелир, и заключающийся в определении разности высот между несколькими точками земной поверхности относительно условного уровня, т.е. превышения.



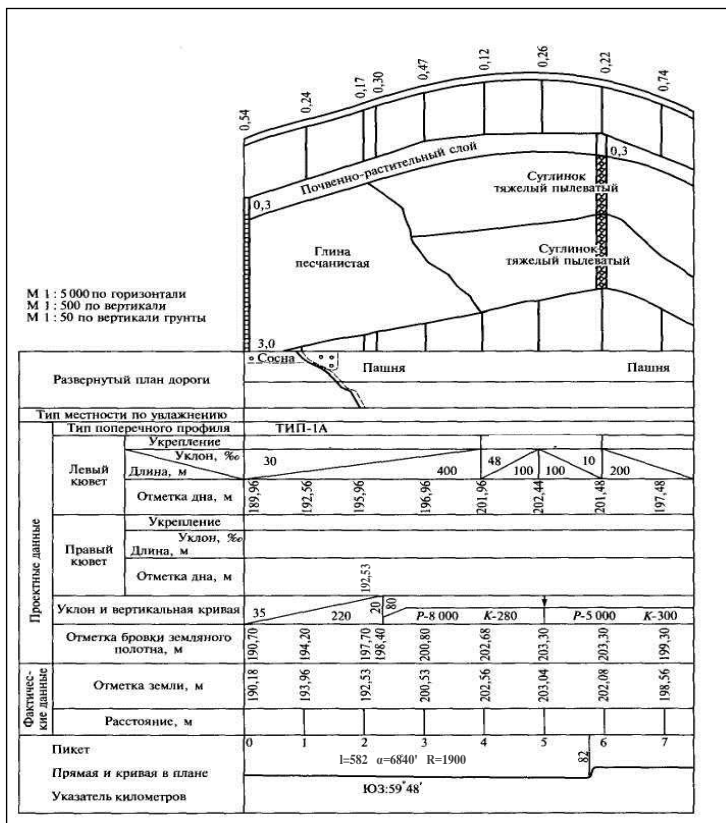


Рисунок 1.24 – Фрагмент продольного профиля участка автомобильной дороги

- 3) расчет элементов проектной линии с определением проектных и рабочих отметок, местоположения отметок точек перехода насыпи в выемку и наоборот;
- 4) описание проектной линии;
- 5) оформление продольного профиля.

При проектировании продольного профиля стремятся *обеспечить*:

- устойчивость земляного полотна и дорожной одежды в течение круглого года при изменениях температуры и погодных условий;
- наименьшую стоимость строительства и эксплуатации дороги;
- удобство и безопасность движения автомобилей и пассажиров;
- наименьшую стоимость перевозки грузов и пассажиров.

*Продольный уклон* является одной из важнейших характеристик транспортных качеств автомобильной дороги. Естественные уклоны местности

часто превышают допустимые для эффективного использования автомобилей. В таких случаях уклон дороги проектируют и выполняют более пологим, чем уклон поверхности земли, срезая часть грунта на подъемах на возвышенность или, наоборот, подсыпая его, например в местах перехода через пониженные участки местности.

**Определение отметок поверхности земли.** При проектировании продольного профиля необходимо установить линии фактической поверхности земли по оси дороги, т.е. начертить «черную линию». При работе с топографической картой необходимо предварительно определить отметки пикетных точек путем интерполяции отметок горизонталей и задать предельно допустимые значения продольного профиля (таблица 1.13).

Таблица 1.13 – Предельно допустимые значения элементов продольного профиля [17]

Расчетная скорость, км/ч	Наибольший продольный уклон, ‰	Наименьшее расстояние видимости для остановки, м	Наименьший радиус кривизны в продольном профиле, м	
			выпуклой кривой	вогнутой кривой
140	40	350	25 000	8000
120	40	250	15 000	6000
100	50	160	8000	4000
80	60	100	4000	2500
60	70	60	1500	1500
40	90	40	1000	1000

*Примечание* – Значение максимального продольного уклона для расчетной скорости 60–120 км/ч может быть увеличено на 5 ‰ в точке сопряжения вертикальных кривых.

Если известны отметки двух соседних горизонталей, то промежуточную отметку можно определить, исходя из подобия треугольников (рисунок 1.25), измерив при этом заложение – расстояние между горизонталями по карте.

Согласно интерполяции из подобия треугольников следует

$$\frac{x}{h} = \frac{b}{l}; \tag{1.7}$$

$$x = \frac{bh}{l}, \tag{1.8}$$

где  $x$  – искомое превышение точки над горизонталью с меньшей отметкой, м;  $h$  – высота сечения между горизонталями (по данным карты), м;  $b$  – расстояние от точки до горизонтали с меньшей отметкой, м;  $l$  – расстояние между рассматриваемыми точками, м.

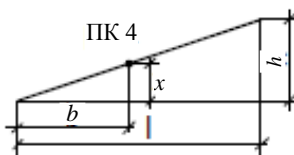


Рисунок 1.25 – Схема к расчету отметок точек методом интерполяции [50]

**Рабочая отметка. Продольный уклон.** *Рабочая отметка* – это разность между отметкой проектной линии и отметкой линии земли. Другими словами, рабочая отметка представляет собой высоту насыпи или глубину выемки по оси трассы (рисунок 1.26). Она вычисляется относительно бровок земляного полотна. Записывают рабочие отметки над линией трассы для насыпей и под линией – для выемок.

*Продольный уклон элемента профиля* – это отношение превышения между двумя точками на прямой к расстоянию между этими точками. Уклон равен тангенсу угла наклона прямой. На подъеме уклон принимают со знаком «+», на спуске – «-».

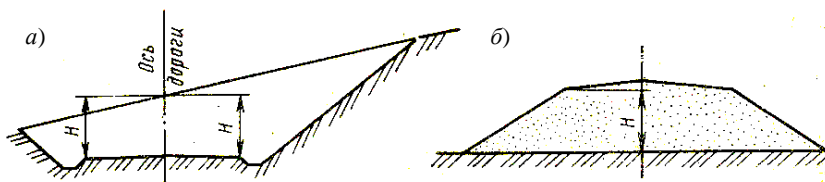


Рисунок 1.26 – Рабочая отметка земляного полотна [50]:

*a* – в выемке; *б* – в насыпи

Продольный уклон  $i$  определяется по формуле

$$i = h/l; \quad (1.9)$$

$$h = H_1 - H_2, \quad (1.10)$$

где  $i$  – величина продольного уклона, ‰;  $h$  – значение превышения, м;  $H_1, H_2$  – значения высотных отметок, м;  $l$  – расстояние между данными отметками, м.

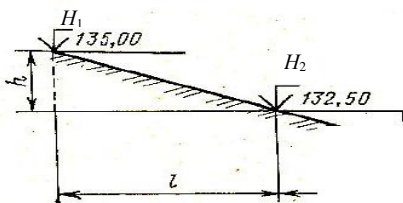


Рисунок 1.27 – Схема для определения величины продольного уклона

Например, отметка проектной линии на ПК 11+00  $H_1 = 135,50$  м, а на ПК 12+00 –  $H_2 = 132,50$  м;  $l = 100$  м. При данных отметках значение уклона  $i = (135,00 - 132,50) / 100 = 0,025$ .

Значение  $i = 0,025$  необходимо перевести в промилле, для чего умножают значение на 1000:  $i = 0,025 \cdot 1000 = 25$  ‰ (рисунок 1.27).

**Проектирование и нанесение проектной линии продольного профиля.**

Продольный профиль проектируют в виде плавной линии, состоящей из прямолинейных участков и вертикальных кривых. Проектирование про-

дольного профиля заключается в нанесении проектной линии и вычислении проектных и рабочих отметок.

Установление положения поверхности дороги в продольном профиле по отношению к поверхности земли называют *нанесением проектной линии* [37]. При нанесении проектной линии необходимо обеспечить:

- плавность продольного профиля, допустимый продольный уклон, достаточную видимость, позволяющие автомобилям развивать высокие скорости;

- отвод воды от земляного полотна;

- отсутствие пилообразности проектной линии, приводящей к «потерянным подъемам» – спускам с последующим подъемом участков, при проезде которых двигатели автомобилей выполняют бесполезную работу;

- прохождение дороги через контрольные точки, имеющие высотные отметки – примыкания к существующим дорогам в начале и конце трассы, пересечения с дорогами более высоких категорий и с железными дорогами, отметки проезжей части мостов, отметки земляного полотна над уровнем высоких вод в затопляемых местностях и т.п.

Возможны два метода прокладки (нанесения) проектной линии: обертывающая (в насыпи – для равнинного рельефа) и секущая (как в насыпи, так и в выемке – для пересеченной местности) проектировки.

Во всех случаях проектирования необходимо стараться избегать случаев устройства высоких насыпей и глубоких выемок, особенно для дорог низших технических категорий.

При *обертывающей* прокладке проектную линию наносят, по возможности, параллельно поверхности земли, с соблюдением рекомендуемых рабочих отметок и уклонов. Отклонение проектной линии от рекомендуемой рабочей отметки допускают:

- 1) в местах пересечения с железными дорогами в одном уровне (в случаях, когда проектная линия должна пройти горизонтально на уровне головок рельса);

- 2) в местах пересечения с автомобильной дорогой высшей категории в одном уровне;

- 3) на участках местности, изрезанной оврагами, ложбинами, небольшими возвышенностями;

- 4) на подходах к искусственным сооружениям;

- 5) при пересечении заболоченных и подтопляемых участков, где для предохранения земляного полотна от грунтовых и поверхностных вод проектируют более высокие насыпи.

Наиболее целесообразно прокладывать по обертывающей форме проектирования в условиях равнинного и слабохолмистого рельефа местности. По возможности, следует избегать в продольном профиле частей переломов проектной линии, т. е. не проектировать пилообразный профиль.

При интенсивном движении и благоприятных грунтово-геологических условиях более рациональна проектная линия, нанесенная как *секущая* со срезовой холмов выемками и использованием грунта из них для отсыпки насыпей в пониженных местах.

В процессе нанесения проектной линии *по секущей* форме проектирования стараются соблюдать следующие требования:

- 1) для обеспечения водоотвода проектную линию в выемке наносят с уклоном не менее 5–10 ‰;
- 2) проектирование горизонтальных участков в выемках не допускается, за исключением коротких выемок длиной до 100 м;
- 3) избегают резких переломов профиля от одних уклонов к другим;
- 4) не применяют кривые малого радиуса менее допустимых между длинными прямыми вставками или короткие прямые вставки между смежными кривыми большого протяжения;
- 5) избегают кривых малого радиуса в конце затяжных спусков;
- 6) избегают мелких выемок большого протяжения по причине их снегозаносов.

Положение проектной линии должно, по возможности, обеспечивать баланс земляных работ в смежных насыпях и выемках, т.е. использование продольного перемещения грунта из выемок для отсыпки насыпей. Такая прокладка проектной линии наиболее характерна для автомобильных дорог высоких категорий.

**Определение рекомендуемой высоты насыпи.** Для проектирования проектной линии продольного профиля (т. н. *красной линии*) необходимы следующие основные данные [17]:

- максимально допустимый продольный уклон;
- минимальные радиусы выпуклых и вогнутых вертикальных кривых;
- рекомендуемая рабочая отметка земляного полотна;
- контрольные отметки.

Для обеспечения устойчивости и прочности верхней части земляного полотна и дорожной одежды рекомендуемую рабочую отметку земляного полотна устанавливают из двух условий (рисунок 1.28):

- 1) возвышение поверхности покрытия над расчетным уровнем грунтовых вод или длительно (более 30 суток) стоящих поверхностных вод должно составлять

$$h_{\text{рек}} = h_1 - h_r + \frac{b}{2} i_1, \quad (1.11)$$

где  $h_1$  – наименьшее нормативное возвышение поверхности покрытия над уровнем грунтовых вод, в зависимости от вида грунта и дорожно-климатической зоны, м;  $h_r$  – глубина залегания грунтовых вод (по данным изысканий), м;  $b$  – ширина проезжей части дороги, м;  $i_1$  – поперечный уклон проезжей части, ‰;

2) возвышение поверхности покрытия над поверхностью земли на участках с необеспеченным поверхностным стоком или над уровнем кратковременно (менее 30 суток) стоящих поверхностных вод должно составлять

$$h_{рек} = h_2 + \frac{b}{2} i_1, \quad (1.12)$$

где  $h_2$  – наименьшее нормативное возвышение поверхности покрытия над уровнем поверхности земли в зависимости от вида грунта рабочего слоя и дорожно-климатической зоны, м.

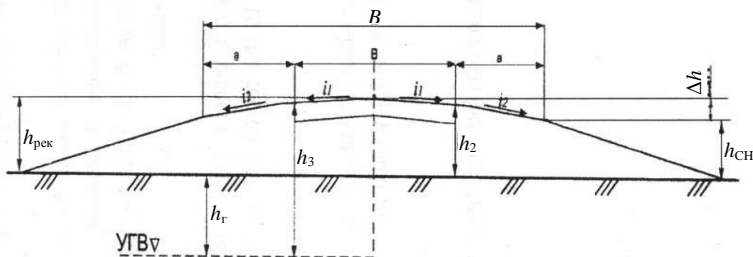


Рисунок 1.28 – Определение рекомендуемой рабочей отметки насыпи [50]: УГВ – уровень залегания грунтовых вод, м;  $i_1$  – поперечный уклон проезжей части;  $i_2$  – поперечный уклон обочины, ‰;  $\Delta h$  – возвышение бровки земляного полотна над расчетным уровнем снегового покрова, м;  $h_{ср}$  – расчетная высота снежного покрова с вероятностью превышения 5 % (может приниматься по результатам многолетних наблюдений), м;  $a$  – ширина обочины, м;  $b$  – ширина проезжей части дороги, м

Земляное полотно на участках дорог, проходящих по открытой местности, по условиям степени снегонезаносимости во время метелей следует проектировать в насыпи  $h_{рек}$ , высота которой находится по формуле [50]

$$h_{рек} = h_{сн} + \Delta h + a i_2 + \frac{b}{2} i_1, \quad (1.13)$$

где  $h_{сн}$  – расчетная высота снегового покрова с вероятностью превышения 5 % (принимается по данным наблюдений), м;  $\Delta h$  – возвышение бровки земляного полотна над расчетным уровнем снегового покрова, м (принимаемая величина): 1,2 м – для дорог I категории; 0,7 м – II; 0,6 м – III; 0,5 м – IV; 0,4 м – V категории;  $a$  – ширина обочины, м;  $b$  – ширина проезжей части дороги, м;  $i_1$ ,  $i_2$  – поперечные уклоны проезжей части и обочины, ‰.

В расчет принимается рекомендуемая рабочая отметка, обеспечивающая одновременно нормальный водно-тепловой режим дорожной конструкции и снегонезаносимость дороги.

К контрольным относятся отметки:

- осей проезжей части существующих автомобильных дорог, к которым примыкает проектируемый участок дороги;
- головки рельса пересекаемых железных дорог в одном уровне;
- искусственных сооружений (трубы, мосты, путепроводы).

**Смягчение переломов продольного профиля вогнутыми и выпуклыми вертикальными кривыми.** Вертикальные кривые подразделяются на вогнутые и выпуклые (рисунок 1.29).

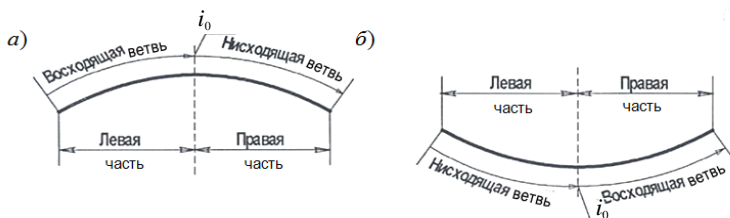


Рисунок 1.29 – Виды вертикальных кривых и их элементы [50]:

*a* – выпуклая; *b* – вогнутая

Уклоны на подъемах считаются со знаком «плюс», а на спусках – со знаком «минус». При одноименных уклонах проектной линии алгебраическая разность на спусках (рисунок 1.30, *a*) и подъемах (рисунок 1.30, *б*) равна разности смежных уклонов:  $-i_1 - (-i_2) = +i_1 - (+i_2)$ . При разноименных уклонах алгебраическая разность их для вогнутых (рисунок 1.30, *в*) и выпуклых (рисунок 1.30, *г*) кривых равна сумме смежных уклонов проектной линии:  $-i_1 - (+i_2) = +i_2 - (-i_1)$ .

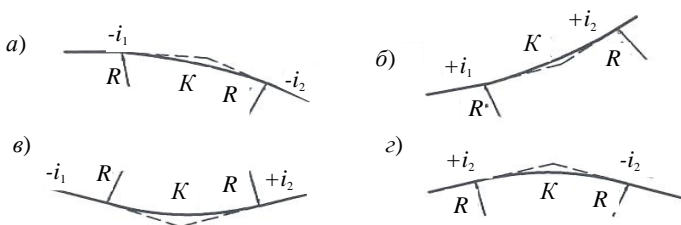


Рисунок 1.30 – Схемы для расчета алгебраической разности при построении вертикальных кривых [50]

С целью повышения плавности движения радиусы вертикальных кривых нужно принимать по возможности наибольшими. Минимальные значе-

ния радиусов выпуклых и вогнутых вертикальных кривых в зависимости от значения расчетных скоростей приведены в таблице 1.14.

Минимальные радиусы выпуклых кривых нормируются исходя из обеспечения расчетного расстояния видимости поверхности проезжей части.

Минимальный радиус вогнутой вертикальной кривой назначается исходя из обеспечения безопасности движения в темное время суток. Так, пучок света фар автомобиля должен освещать дорогу на расстояние, равное расчетному расстоянию видимости поверхности дороги.

Переломы прямых в продольном профиле допускается не сопрягать вертикальными кривыми при алгебраической разности уклонов [17]:

– 2 ‰ и менее – на дорогах I-а, I-б, I-в и II категорий;

– 5 ‰ и менее – на дорогах III, IV и V категорий с дорожной одеждой усовершенствованного типа;

– 20 ‰ и менее – на дорогах IV и V категорий с дорожной одеждой переходного и низшего типов.

Наличие элементов уклонов продольного профиля с алгебраической разностью, указанной в кодексе [17] влияет на ровность покрытия.

**Формализация элементов вертикальных кривых.** Вертикальные кривые, проектируемые на автомобильных дорогах, описывают по квадратичной параболе уравнением [37]

$$y = \pm \frac{x^2}{2R}, \quad (1.14)$$

где  $R$  – радиус кривизны в начале координат, расположенном в вершине кривой. Знак «+» соответствует выпуклым кривым, знак «–» – вогнутым.

В связи с большими радиусами вертикальных кривых на автомобильных дорогах абсциссу  $x$  можно принимать равной длине участка кривой  $l$ . Уклон в некоторой точке вертикальной кривой  $A$  на расстоянии  $l_A$  от ее вершины (рисунок 1.31)

$$i_A = \frac{dy}{dx} = \frac{x}{R} \approx \frac{l_A}{R}. \quad (1.15)$$

Эта приближенная зависимость позволяет получить ряд формул, связывающих уклоны касательных к кривой с другими ее элементами:

– расстояние от вершины кривой до точки  $A$  с уклоном  $i_A$

$$l_A = R i_A; \quad (1.16)$$

– расстояние между точками кривой  $A$  и  $B$ , имеющими уклоны  $i_A$  и  $i_B$

$$l = l_A - l_B = R(i_A - i_B); \quad (1.17)$$

– разница отметок точки  $C$  с уклоном  $i_C$  и вершины кривой

$$H_C = \frac{l_C^2}{2R} = \frac{(Ri_C)^2}{2R} = \frac{i_C^2 R}{2}; \quad (1.18)$$



– разница отметок точек, уклоны которых составляют  $i_A$  и  $i_C$ ,

$$\Delta H = H_C - H_A = \frac{1}{2R}(l_C^2 - l_A^2). \quad (1.19)$$

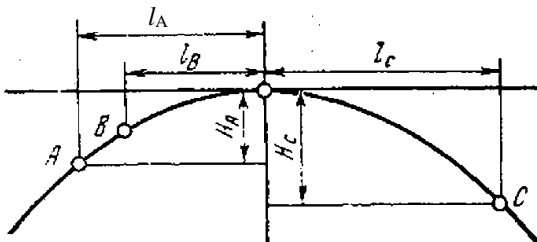


Рисунок 1.31 – Схема к определению элементов вертикальных кривых на автомобильных дорогах [37]

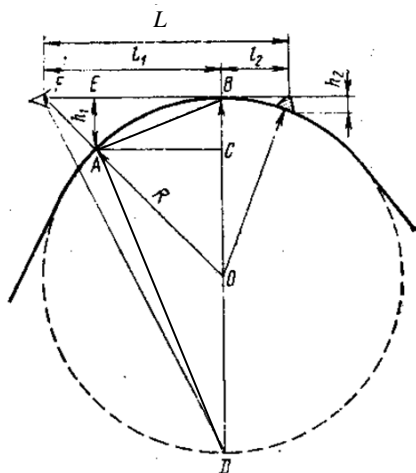


Рисунок 1.32 – Схема к расчету радиуса вертикальной выпуклой кривой из условия видимости [37]:

$h_1$  – возвышение глаза водителя над поверхностью дороги;  $h_2$  – возвышение препятствия, видимость которого должна быть обеспечена;  $R$  – радиус вертикальной кривой;  $L$  – общее расчетное расстояние видимости

Следовательно, расчетное расстояние видимости

$$L = l_1 + l_2 = (\sqrt{h_1} + \sqrt{h_2})\sqrt{2R}, \quad (1.20)$$

**Видимость в продольном профиле и обоснование требований к вертикальным кривым.** Значение радиуса выпуклых круговых кривых определяют из условия обеспечения расчетной видимости поверхности дороги водителем автомобиля.

Схема к расчету радиуса вертикальной выпуклой кривой из условия видимости представлена на рисунке 1.32. Расчет радиуса выпуклой кривой исходит из простых геометрических соотношений. Расчетное расстояние видимости на выпуклой кривой состоит из двух отрезков:  $l_1$  и  $l_2$ .

Из подобия треугольников  $ABC$  и  $ACD$ , принимая в связи с большим размером  $R$  по сравнению с  $h_1$

$AE = AF = h_1$ , получаем  $l_1 = \sqrt{2h_1R}$  и аналогично  $l_2 = \sqrt{2h_2R}$ .

откуда

$$R = \frac{L^2}{2(\sqrt{h_1} + \sqrt{h_2})^2}. \quad (1.21)$$

Для случая встречи двух однотипных автомобилей, пренебрегая разницей между уровнем глаз водителей и высотой автомобилей, получим

$$R = \frac{L^2}{8h_1}. \quad (1.22)$$

Вогнутые кривые малых радиусов неудобны для движения в темное время, т. к. свет огней (фар) освещает поверхность покрытия вблизи от автомобиля на расстоянии, меньшем расчетной видимости. Радиусы вогнутых вертикальных кривых, необходимые для обеспечения видимости при свете фар, определяются с учетом:

– величины угла распространения пучка лучей в вертикальной плоскости  $2\alpha$ , на которой верхняя граница освещенного участка проезжей части возвышается над началом координат на величину (рисунок 1.33)

$$H = h_{\Phi} + s \cdot \sin\alpha, \quad (1.23)$$

где  $h_{\Phi}$  – возвышение центра фары над поверхностью дороги, м;  $s$  – расчетное расстояние видимости, м;

– геометрических закономерностей, связывающим хорду и радиус:

$$\overline{AC} = 2R \cdot \overline{CB}, \text{ или } s^2 = 2R(h_{\Phi} + s \cdot \sin\alpha). \quad (1.24)$$

Тогда

$$R = \frac{s^2}{2(h_{\Phi} + s \cdot \sin\alpha)}. \quad (1.25)$$

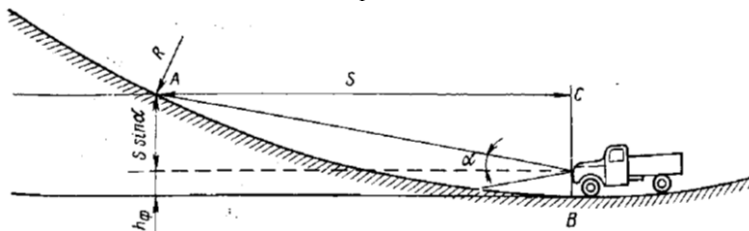


Рисунок 1.33 – Видимость вогнутой кривой при свете фар [37]

Нормативные наименьшие значения радиусов кривизны вертикальных кривых в продольном профиле в зависимости от расчетной скорости представлены в таблице 1.13.

## 1.6 Дорожные одежды автомобильных дорог

### 1.6.1 Назначение слоев и классификация дорожных одежд автомобильных дорог

Поскольку давление от колес транспортных средств снижается по мере удаления от поверхности, то дорожную одежду формируют из нескольких слоев материалов, прочность которых убывает с глубиной. Слой дорожной одежды – ее часть, состоящая из однородного материала определенной толщины. В **конструкции дорожной одежды** различают следующие слои: защитный (слой износа), покрытие, основание, дополнительный (подстилающий) (рисунок 1.34) [55].

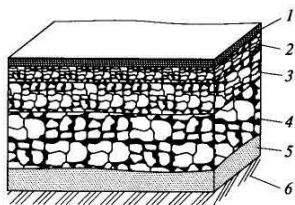


Рисунок 1.34 – Структура дорожной одежды [62]:

- 1 – защитный слой; 2, 3 – верхний и нижний слои дорожного покрытия; 4 – основание; 5 – дополнительный слой; 6 – подстилающий грунт

**Защитный слой** – верхний тонкий слой дорожного покрытия (до 3 см), обладающий высокой шероховатостью и водонепроницаемостью. Может устраиваться одновременно с устройством покрытия дорожной одежды или через определенные промежутки его службы (обычно 3–6 лет). Основное назначение защитного слоя – предохранение материала дорожного покрытия от непосредственного воздействия погодных-климатических факторов и транспортной нагрузки и продление тем самым срока его службы. Устраивают его в виде поверхностной обработки, литых ЭМС, горячего асфальтобетона специального состава. Защитный слой также обязателен, если в верхнем слое покрытия используются малоцебенистые или песчаные асфальтобетоны. Обусловлено это низкой шероховатостью подобных материалов. В таких случаях защитные слои устраиваются через 3–6 лет после устройства покрытия.

**Покрытие** – верхний, наиболее прочный слой дорожной одежды, воспринимающий непосредственное воздействие нагрузки от транспортных средств, атмосферных факторов и определяющий основные транспортно-эксплуатационные качества дороги. Покрытие может быть одно-, двух- и трехслойным. В конструкции покрытия помимо основного слоя, определяющего его эксплуатационные качества, часто предусматривается защитный слой, который увеличивает шероховатость и водонепроницаемость покрытия. В нежестких дорожных одеждах в качестве покрытия в основном используются различные разновидности асфальтобетона. Верхний слой по-

крытия устраивается из плотного мелкозернистого, нижний – из пористого или высокопористого крупнозернистого асфальтобетона. Обусловлено это тем, что верхний слой испытывает более интенсивное воздействие погодноклиматических факторов (в основном воды). В то же время пористые смеси обладают большой устойчивостью к пластическим (колеи) и хрупким (трещины) деформациям.

О с н о в а н и е – несущая часть дорожной одежды, совместно с покрытием, обеспечивающая распределение и передачу нагрузок на грунт земляного полотна. Основание может состоять из двух слоев: верхнего, сооружаемого из более прочных материалов, и нижнего, к материалам которого предъявляют менее жесткие требования в отношении прочности. По используемым материалам основание может быть:

– *щебеночным* – конструктивный слой, устроенный из смеси щебня различных фракций методом заклинки<sup>1)</sup>;

– *гравийным* – конструктивный слой, устроенный из гравия или подобранной гравийно-песчаной смеси различного класса. Используют в качестве нижнего слоя двухслойного основания или в качестве основания усовершенствованных облегченных покрытий;

– *из укрепленных грунтов* – конструктивный слой, устроенный из местных грунтов, обработанных органическими, минеральными или комплексными материалами;

– *из цементобетона* – верхний слой основания, устроенный из цементного бетона, цементобетона с пониженным содержанием цемента или бетонов на низкомарочных цементах.

*Дополнительный слой* основания – нижний конструктивный слой дорожной одежды, выполняющий функции передачи нагрузок на земляное полотно, а также функции морозозащитного и дренирующего слоев. Подстилающий слой обычно устраивают из песков и песчано-гравийных смесей с коэффициентом фильтрации<sup>2)</sup> не менее 1 м/сут. Если земляное полотно представлено песчаными грунтами с вышеуказанным коэффициентом фильтрации, то подстилающий слой дорожной одежды не устраивается. Толщина подстилающего слоя должна обеспечить требования морозозащиты и осушения (дренажа) земляного полотна.

---

<sup>1)</sup> *Метод заклинки* – распределение щебня основной фракции на проектную толщину с его предварительным уплотнением и с подсыпкой материала при необходимости в местах просадок с последующим поливом водой (расход – 15–25 л/м<sup>2</sup>) для уменьшения трения между щебенками и ускорения взаимного заклинивания. Далее производят распределение расклинивающего щебня (фракцией до 10 мм) распределителем или автогрейдером с последующим его уплотнением. Перед уплотнением поверхность основания или покрытия поливают водой из расчета 10–12 л/м<sup>2</sup>.

<sup>2)</sup> *Коэффициент фильтрации* – показатель водопроницаемости, равный скорости фильтрации воды сквозь грунт при напорном градиенте, равном единице.

*Дренажный слой* обеспечивает осушение верхнего слоя земляного полотна в период избыточного увлажнения, что способствует повышению прочности и надежности дорожной одежды. Его устраивают из песков или песчано-гравийных смесей с коэффициентом фильтрации не менее одного м/сутки. Толщину дренажного слоя рассчитывают из условия своевременного отвода всей воды (атмосферных осадков, грунтовых вод), поступающей в район верхнего слоя земляного полотна. Дренажный слой обычно устраивается на всю ширину земляного полотна.

*Морозозащитный слой* обеспечивает недопущение деформаций покрытия вследствие морозного пучения грунта земляного полотна. Поскольку снижение морозного пучения достигается за счет увеличения толщины дорожной одежды, то функцию морозозащитного слоя выполняет подстилающий слой как наиболее дешевый. Если толщина морозозащитного слоя получается достаточно большой, в проектах могут быть предусмотрены специальные мероприятия по повышению морозозащиты (устройство теплоизолирующих прослоек и т. п.).

Дорожная одежда является основным конструктивным элементом автомобильной дороги, которая укладывается на земляное полотно и вместе с ним образует дорожную конструкцию. Она классифицируется по критериям [55]: 1) сопротивления нагрузкам от транспортных средств и особенностям напряженно-деформированного состояния; 2) степени капитальности.

В соответствии с первым критерием дорожные одежды делятся:

– на *жесткие*, содержащие материалы с высокими модулями упругости (более 30000 МПа), к которым в основном относят цементобетон, и рассчитываемые на небольшие допустимые деформации. Жесткая дорожная одежда работает как плита конечных размеров на упругом основании при свободном, шарнирном или ином способе соединения плит, может быть с цементобетонным покрытием, а также с асфальтобетонным покрытием на основании из цементобетона, разделенного деформационными швами. Покрытия жестких одежд могут быть монолитные и сборные, армированные и неармированные;

– *нежесткие*, работающие как слоистая система бесконечных в плане размеров со сплошным покрытием на упругом основании. К ним относят дорожные одежды с покрытием из материалов с участием органических вяжущих веществ, комплексных органических и гидравлических вяжущих веществ, а также с покрытием из зернистых материалов.

По степени капитальности дорожные одежды делят:

– на *усовершенствованные капитальные*, срок до капитального ремонта – 15–30 лет, уровень надежности – 90–95 %;

– *усовершенствованные облегченные* (10–15 лет и 80–85 %);

– *переходные* (до 6 лет, 60 %);

– *низшие*, применяемые на местных проездах и дорогах сельскохозяйственного назначения.

Капитальность дорожной одежды определяется ее жесткостью и видом материала покрытия. Наименования вида покрытия, материала и характеристики способа укладки для каждого типа дорожной одежды представлены в таблице 1.14.

**Таблица 1.14 – Зависимость вида покрытия, материала и способа укладки от типа одежды и категории дороги [17]**

Тип дорожной одежды	Вид покрытия, материал и способ укладки	Категория дороги
Капитальный	Монолитный цементобетон	I-а, I-б, I-в, II-V
	Сборный железобетон	IV, V
	Асфальтобетон щебеночно-мастичный; асфальтобетон из плотных смесей марки I, укладываемых в горячем и теплом состояниях	I-а, I-б, I-в, II
	Асфальтобетон из плотных смесей марки II, укладываемых в горячем и теплом состоянии	III, IV
Облегченный	Асфальтобетон из плотных смесей марки I, укладываемых в холодном состоянии	III, IV
	Асфальтобетон из плотных смесей: марки III, укладываемых в горячем и теплом состоянии, марки II, укладываемых в холодном состоянии; каменных материалов, обработанных органическими вяжущими методами смешения в установке, на дороге, пропитки (полупропитки), органоминеральных смесей	IV, V
Переходный	Щебеночное покрытие из щебня прочных пород, устроенное по способу заклинки без применения вяжущих; грунты и малопрочные каменные материалы, укрепленные вяжущими; мостовые; щебеночно (гравийно)-песчаные смеси	
Низший	Грунты, укрепленные или улучшенные различными местными материалами	V
<i>Примечание</i> – На дорогах IV категории, относящихся к республиканским, следует предусматривать дорожную одежду капитального типа. Дорожную одежду облегченного типа следует предусматривать на республиканских дорогах при расчетной интенсивности движения менее 1000 ед/сут и на местных дорогах; дорожную одежду переходного типа допускается устраивать при расчетной интенсивности движения менее 500 ед/сут.		

### 1.6.2 Классификация дефектов покрытий проезжей части автомобильных дорог

Различают дефекты линейного и площадного характера, дефекты нежестких и жестких дорожных одежд. Линейные дефекты фиксируют в метрах и приводят к площади с применением специальных коэффициентов

приведения. Площадные дефекты фиксируются в квадратных метрах. Существуют **дефекты дорожного покрытия**, относящиеся к не жестким дорожным одеждам капитального и облегченного типов [25]:

– *трещина* – линейный дефект дорожного покрытия, выражающийся в нарушении его целостности, возникающий от действия погодноклиматических факторов или в результате нарушения технологии производства работ при устройстве дорожной одежды: частые трещины 1-го уровня – соединяющиеся между собой трещины различного направления; частые трещины 2-го уровня – пересекающиеся между собой трещины различного направления, местами образующие ячейки с размерами сторон более 50 см; сетка трещин – трещины, образующие замкнутые ячейки явной выраженной формой сетки с преобладающими размерами сторон менее 50 см (рисунок 1.35, а – з);

– *выбоина* – местные разрушения покрытия, имеющие вид углублений разной конфигурации с резко очерченными краями, образовавшиеся за счет разрушения материала покрытия (рисунок 1.35, д);

– *колея*: до 15 мм включительно – углубления продольного направления в полосе наката проезжей части глубиной 15 мм, образовавшиеся под действием транспортных средств и погодноклиматических условий; свыше 15 до 30 мм включительно – углубления продольного направления в полосе наката проезжей части глубиной от 15 до 30 мм, образовавшиеся под действием транспортных средств и погодноклиматических условий; более 30 мм – углубления продольного направления в полосе наката проезжей части глубиной более 30 мм, образовавшиеся под действием транспортных средств и погодноклиматических условий (рисунок 1.35, е – и);

– *заплаты* – восстановление покрытия на площади образовавшейся ямочности (рисунок 1.35, к);

– *выкрашивание и шелушение* – поверхностное разрушение покрытия и отслаивание вяжущего вещества от минерального материала (рисунок 1.35, л);

– *облом края покрытия* – разрушение кромки асфальтобетона под действием транспортных средств и погодноклиматических условий (рисунок 1.35, м);

– *просадки* – искажение профиля, имеющего вид впадин с округлыми краями на небольшой площади покрытия (рисунок 1.35, н);

– *выпотевание вяжущего вещества* – выступление на поверхности покрытия вяжущего в результате нарушения технологии устройства защитных слоев (рисунок 1.35, р);

– *деградация дорожного покрытия* – наличие на всей ширине полосы движения дефектов различного характера, занимающие площадь более 50 %. Состояние покрытия, при котором требуется проведение первоочередного ремонта (рисунок 1.35, с).



Рисунок 1.35 (начало) – Дефекты покрытия нежестких дорожных одежд капитального и облегченного типов [25]:

*a* – отдельные трещины; *б* – частые трещины 1-го уровня; *в* – частые трещины 2-го уровня; *г* – сетка трещин; *д* – выбоины; *е* – колея до 15 мм включ.

Дефекты дорожного покрытия, относящиеся к жестким дорожным одеждам, включают [25]:

– *трещины* – потеря целостности цементобетонной плиты или с разрушенными краями, наличие сколов и выкрашиваний по краям трещин в результате эксплуатации покрытия без ремонта (рисунок 1.36, *a*, *б*);



ж)



и)



к)



л)



м)



н)



Рисунок 1.35 (продолжение) – Дефекты покрытия нежестких дорожных одежд капитального и облегченного типов [25]:

ж – колея св. 15 до 30 мм включ.; и – колея св. 30 мм; к – заплаты;  
л – выкрашивание и шелушение; м – облом края покрытия; н – просадки;

– *нарушение гидроизоляции швов* – неспособность швов задерживать проникновение влаги в результате разрушения гидроизоляции или её отсутствия (рисунок 1.36, в);

– *разрушение плит* – отсутствие единой поверхности плиты с образованием отдельных ее участков и наличием сколов, выбоин, трещин (рисунок 1.36, з);

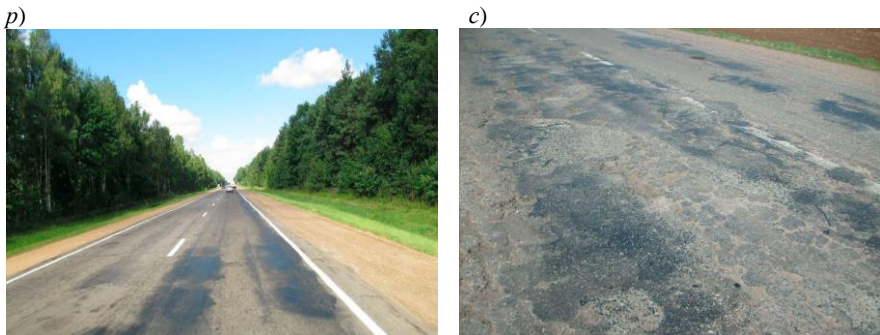


Рисунок 1.35 (окончание) – Дефекты покрытия нежестких дорожных одежд капитального и облегченного типов [25]:

*p* – выпотевание вяжущего; *c* – деградация

– *износ и разрушение защитного слоя* – участки, на которых наблюдается разрушение защитного слоя, с оголением поверхности плит (рисунок 1.36, *д*);

– *выкрашивание и шелушение поверхности плиты* – участки, на которых наблюдается отрыв щебня с образованием коррозии поверхности плиты (рисунок 1.36, *е*).

### 1.6.3 Факторы, вызывающие деформации и разрушения дорожных одежд

При проектировании дорожной одежды размеры каждого слоя выбирают с учетом местных материалов, возможных нагрузок и природно-климатических условий прокладки дороги и других условий. Все расчеты выполняют для типовых (усредненных) условий, поэтому возможны отклонения от них, приводящие к потере прочности дорожной одежды, деформациям и последующему ее разрушению.

Разрушения могут быть вызваны низким качеством выполнения работ, недостаточным или неправильным учетом гидрогеологических условий, применением материалов низкого качества и др. Большое значение в обеспечении устойчивости дорожной одежды имеет своевременный ремонт разрушенных участков дорожного покрытия. Появление остаточных (необратимых) деформаций, своевременно не ликвидированных, приводит к значительным разрушениям как под действием движения автомобилей, так и под влиянием природно-климатических факторов (рисунок 1.37).

#### Основные виды деформаций и разрушений дорожной одежды:

– деформации и разрушения, вызванные пучинами, происходящими в весенний период при оттаивании грунта земляного полотна на участках автомобильных дорог с неблагоприятными условиями водоотвода

и защиты земляного полотна от температурных воздействий. Причинами таких разрушений могут быть ошибки в оценке перспективной интенсивности движения и нагрузок, некачественные материалы и их неоднородность, плохое уплотнение земляного полотна и дорожной одежды, а также переувлажнение земляного полотна;



Рисунок 1.36 – Дефекты покрытия жестких дорожных одежд [25]:

- a* – трещины; *б* – трещины с разрушенными краями; *в* – нарушение гидроизоляции швов;  
*г* – разрушение плит; *д* – износ и разрушение защитного слоя;  
*е* – выкрашивание и шелушение поверхности плит

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

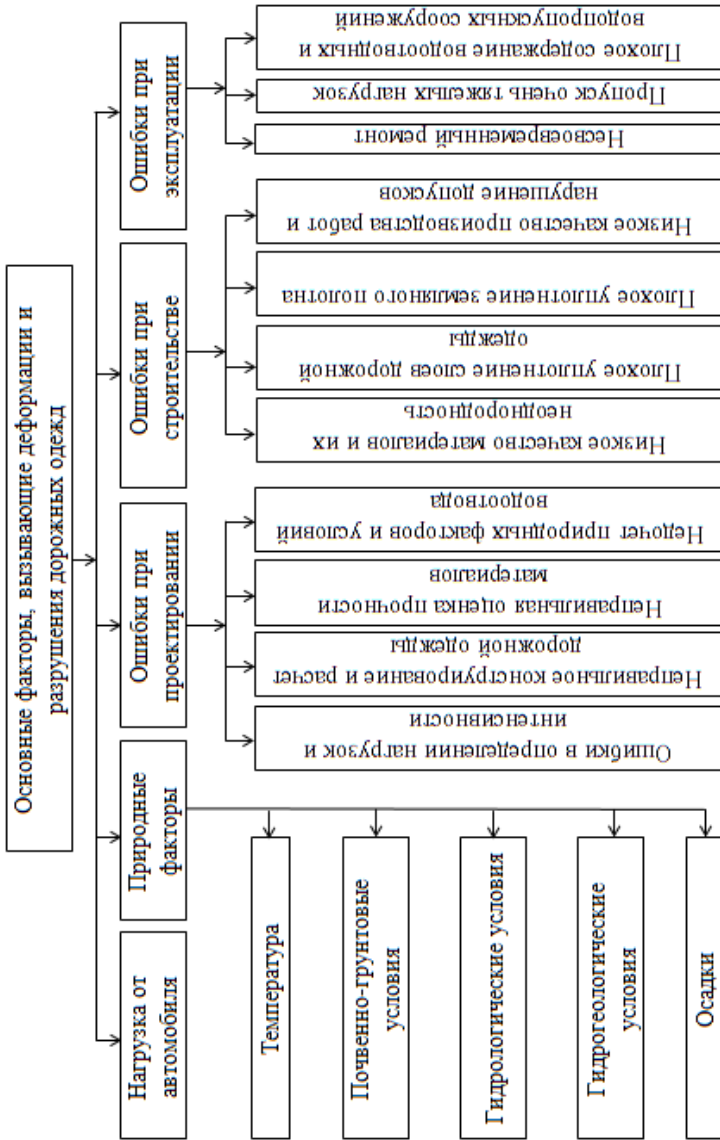


Рисунок 1.37 – Факторы, вызывающие деформации и разрушения дорожных одежд [61]

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

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

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

#### 1.6.4 Конструирование дорожных одежд

**Системные положения.** Дорожная одежда должна соответствовать общим требованиям, предъявляемым к дороге, и обеспечивать расчетную скорость, безопасность и комфортабельность движения транспортных средств. Это достигается мотивированным выбором и проектированием дорожной одежды и покрытия проезжей части, укрепленных и разделительных полос. Выбор типа дорожной одежды и материала покрытия следует производить в зависимости от категории дороги в соответствии с таблицей 1.14. Изменение области применения дорожных одежд по сравнению с данными таблицы допускается только после подробного технико-экономического обоснования имеющегося варианта.

При разработке конструкции дорожной одежды следует руководствоваться следующими принципами [17]:

– вид покрытия, конструкция дорожной одежды в целом должны удовлетворять транспортно-эксплуатационным требованиям, предъявляемым к дороге соответствующей категории и ожидаемым в перспективе составу ТП и интенсивности движения;

– конструкция одежды должна учитывать местные природные и грунтово-гидрологические условия, обеспечивать эффективное осушение и морозостойчивость;

– материалоемкость и энергоемкость дорожных и транспортных составляющих, определенных по сумме приведенных капитальных вложений, должны быть минимальными;

– при назначении конструкции дорожной одежды необходимо учитывать региональный опыт строительства и эксплуатации дорог, уделяя особое внимание новым конструктивным решениям, прошедшим опытную проверку;

– дорожная одежда укрепленных (краевых) полос принимается такой же конструкции, как и при устройстве проезжей части. В случае, если конструк-

ция отличается, то ее следует рассчитывать на нагрузку от интенсивности движения, соответствующей 1/3 расчетной величины. Дорожная одежда основочной полосы должна быть капитального или облегченного типа и рассчитана на статическую нагрузку от наиболее тяжелого автомобиля при единичной нагрузке. Поверхность обочин следует укреплять в зависимости от интенсивности и характера движения, грунтов земляного полотна и особенностей климата засевом трав, россыпью щебня, гравия, шлака и других местных материалов, обеспечивающих устойчивость земляного полотна;

– для автомобильных дорог с расчетной интенсивностью движения более 3000 ед/сут, а также на участках применения допускаемых расчетных скоростей при интенсивности движения от 1000 до 3000 ед/сут следует применять покрытия, обеспечивающие более высокие коэффициенты сцепления шин с поверхностью проезжей части, а также поверхностные обработки.

Вариант конструкции капитальных одежд дорог I–II категорий с усовершенствованным покрытием для дорожно-климатических зон 2 и 3 показан на рисунке 1.38 (1 – средне- и мелкозернистый асфальтобетон; 2 – крупнозернистый пористый асфальтобетон или дегтебетон; 3 – щебень, укрепленный цементом или комплексным вяжущим; 4 – грунт повышенной плотности; 5 – грунт, укрепленный неорганическим вяжущим; 6 – песок, гравий, шлак (дополнительный слой основания); 7 – щебень с расклинкой; 8 – тощий цементобетон; 9 – грунт и материалы, укрепленные комплексными вяжущими; 10 – гравий, укрепленный цементом; 11 – гравий, укрепленный малыми дозами цемента, или грунт, обработанный жидким органическим вяжущим; 12 – гравийная смесь с добавками дробленого щебня; 13 – пенопласт; 14 – конструктивный теплоизоляционный слой из цементогрунта с легким заполнителем).

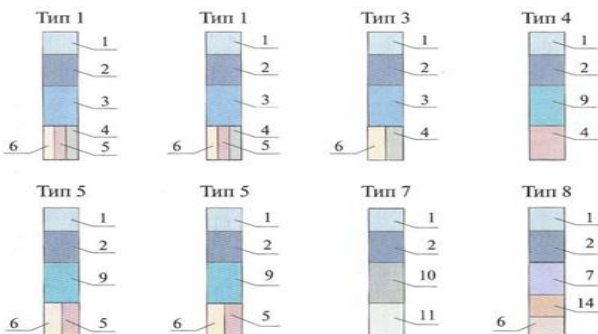


Рисунок 1.38 – Конструкции капитальных одежд дорог I–II категорий с усовершенствованным покрытием для дорожно-климатических зон 2 и 3 (см. приложение В) [55]

Вариант конструкции капитальных одежд дорог III-IV категорий с усовершенствованным покрытием для дорожно-климатических зон 2 и 3 показан на рисунке 1.39 (1 – мелкозернистый асфальтобетон II-III марок; 2 – крупнозернистый асфальтобетон или фракционированный щебень (гравий), обработанный битумом; 3 – подобранная щебеночная (гравийная) смесь, щебень с расклинкой; 4 – грунт, укрепленный неорганическим вяжущим; 5 – грунт повышенной плотности; 6 – песок, гравий, шлак; 7 – щебень, обработанный органическим вяжущим в установке; 8 – грунт или материал, обработанный комплексными вяжущими; 9 – грунт или малопрочный каменный материал, обработанный комплексными вяжущими; 10 – грунт повышенной плотности).

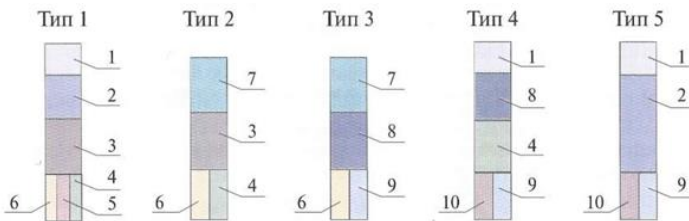


Рисунок 1.39 – Конструкции облегченных одежд дорог III-IV категорий с усовершенствованным покрытием [55]

Вариант конструкции одежд дорог IV, V категорий с переходным типом покрытия для дорожно-климатических зон 2 и 3 показан на рисунке 1.40 (1 – поверхностная обработка; 2 – подобранные гравийные или песчаные смеси укрепленные портландцементом; 3 – песок, гравий, шлак; 4 – грунт повышенной плотности; 5 – грунт, укрепленный неорганическим или органическим вяжущим; 6 – щебень; 7 – гравийная смесь; 8 – гравийная смесь из некондиционных материалов, укрепленная малыми дозами цемента; 9 – гравийно-песчаная смесь; 10 – грунт с добавлением щебня).

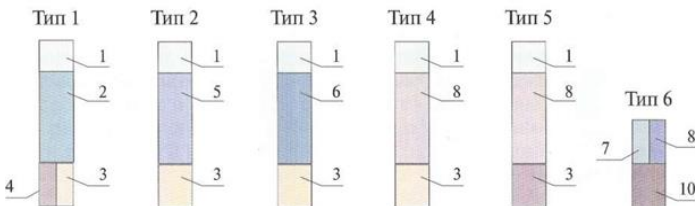


Рисунок 1.40 – Конструкции одежд дорог IV, V категорий с переходным типом покрытия [55]

Конструкцию дорожной одежды, как правило, выбирают типовую или разрабатываемую с учетом конкретных свойств земляного полотна и наличия дорожно-строительных материалов. В конструкции желательно широко использовать местные строительные материалы и побочные продукты производства.

**Требования к покрытиям проезжей части дорожных одежд автомобильных дорог.** Ровность проезжей части автомобильных дорог с покрытиями дорожных одежд капитального и облегченного типа согласно нормативу [17], включая искусственные сооружения, съезды и переходно-скоростные полосы, должна соответствовать требованиям, приведенным в таблице 1.15.

Таблица 1.15 – Характеристики ровности проезжих частей автомобильных дорог [9]

Показатель продольной ровности	Предельно допустимая величина по уровням требований				
	1	2	3	4	5
Количество просветов под 3-метровой рейкой, %, не более	7	9	14	20	25
Максимальный просвет под 3-метровой рейкой, мм, не более	10	12	14	20	30
Измеренные в соответствии: С П17-02 к СНБ 5.01.01-99 – автомобильной установкой типа ПКРС-2, см/км, не более	540	660	860	1200	–
СТБ 1566–2005 – профилометрическим методом (IRI), м/км, не более	4,50	5,50	6,20	6,70	7,90
СТБ 1566–2005 – измерительным оборудованием типа толкочмер, см/км, не более	100	120	170	240	265

Сроки приведения ровности к требуемым показателям регламентируются планами проведения капитальных ремонтов и реконструкции автомобильных дорог. До проведения соответствующих работ перед участками автомобильных дорог, на которых состояние покрытия не соответствует показателям таблицы 1.15, должны устанавливаться дорожные знаки 1.16.2 с табличками 7.2.1 согласно [10]. Коэффициент сцепления колеса автомобиля с покрытиями проезжей части должен быть не менее 0,35 при его измерении ПКРС-2 или другими приборами, показания которых должны быть приведены к показаниям ПКРС-2. Коэффициент сцепления при наличии на проезжей части автомобильных дорог зимней скользкости не регламентируется. Экспертная оценка величины коэффициента сцепления дорожного покрытия на месте совершения ДТП производится в установленном порядке.

Сроки устранения дефектов сцепных качеств покрытий проезжей части регламентируются планами проведения текущих ремонтов автомобильных дорог. До проведения соответствующих работ перед участками дорог, на которых сцепные качества покрытия не соответствуют установленным по-



казателям, должны устанавливаться дорожные знаки 1.15 с табличками 7.2.1 согласно стандарту [10].

На покрытии проезжей части автомобильных дорог не должны находиться посторонние предметы, которые могут стать причиной совершения ДТП (камни, кирпичи, бутылки, металлические предметы и др.), а также не должно быть загрязнений, снижающих коэффициент сцепления (россыпь торфа, разлив горюче-смазочных материалов, грязь, песок и т.п.). Посторонние предметы и загрязнения должны быть удалены с покрытия проезжей части в кратчайшие возможные сроки.

Дефекты покрытий проезжей части автомобильных дорог капитального, облегченного и переходного типов, а также предельно допустимые их величины и сроки ликвидации приведены в таблице 1.16.

**Технологии, применяемые в строительстве и ремонте дорожных одежд автомобильных дорог.** На данном этапе реализуется программа «Дороги Беларуси» на 2015–2019 гг., в соответствии с которой проводится модернизация дорог на всех направлениях международных транспортных коридоров, повышение технического уровня республиканских дорог, соединяющих г. Минск с областными центрами, строительство обходов ряда городов, развитие сети местных дорог и др. Особое внимание в программе уделяется также вопросам обеспечения безопасности дорожного движения.

В XXI в. с учетом накопленного прошлого опыта в строительстве и ремонте дорожных одежд используются: 1) армирующие и разделительные прослойки из геосинтетических материалов в конструкциях жестких дорожных одежд; 2) технология устройства тонкослойного фрикционного износостойкого защитного покрытия «ТОНФРИЗ-СЛОЙ»; 3) покрытие из асфальтобетонной смеси с резиновой крошкой; 4) ЭМС в целом, с ускоренным сроком формирования, структурированными волокнистыми добавками; 5) устройство покрытий из холодных регенерированных асфальтобетонных смесей (технология холодного ресайклинга); 6) горячие асфальтобетонные смеси с пониженной температурой приготовления и укладки и др.

Разработка и внедрение данных инновационных технологий для нужд дорожного хозяйства обеспечат долговечность дорожных конструкций, увеличение межремонтных сроков службы дорожных одежд, энергосбережение, повышение качества и оптимизацию стоимости дорожных работ.

**Армирующие и разделительные прослойки из геосинтетических материалов в конструкциях жестких дорожных одежд.** В конструкциях дорожных одежд широко применяются основания из несвязных каменных материалов. На дорогах высших категорий в основном применяются щебеночные основания, устраиваемые по методу заклинки. Наряду с преимуществами технологического характера щебеночный слой обладает и недостатками, такими как дискретность по составу и недостаточная прочность по сдвигу в подстилающем грунте. Последнее свойство особенно отрицательно сказывается на конструкции дорожной одежды с высокой ин-

тенсивностью движения и большими нагрузками на ось автомобиля, поэтому применение армирующих и разделяющих прослоек позволяет повысить прочность и сдвигоустойчивость основания, уменьшить его толщину и достичь значительной экономии щебня, улучшить дренаж воды.

Таблица 1.16 – Дефекты покрытий проезжей части автомобильных дорог, предельно допустимые их величины и сроки ликвидации [25]

Дефект покрытия, срок ликвидации	Предельно допустимая величина дефекта по уровням требований				
	1	2	3	4	5
<i>Покрытие дорожных одежд капитального и облегченного типов [17]</i>					
1 Сдвиги и волны глубиной не более 3 см, м на 1 км двухполосной дороги, м/км, не более	3	5	10	15	20
2 Сдвиги и волны глубиной более 3 см	Не допускаются				
3 Колея глубиной, см, не более	3	3	4	4	5
4 Вертикальное смещение плит относительно друг друга на цементобетонных покрытиях, см, не более	2	2	3	4	4
5 Повреждения (выбоины, проломы) площадью не более 0,09 м <sup>2</sup> и глубиной не более 5 см, на м <sup>2</sup> /км двухполосной дороги, м <sup>2</sup> /км, не более	0,5 (5)*	2,0 (10)*	3,0 (20)*	6,0 (30)*	10,0 (40)*
6 Повреждения (выбоины, проломы) площадью более 0,09 м <sup>2</sup> и глубиной более 5 см	Не допускаются				
7 Места выпотевания битума площадью не более 1,5 м <sup>2</sup> , м/км, не более	10	20	30	40	60
8 Места выпотевания битума площадью более 1,5 м <sup>2</sup>	Не допускаются				
<i>Покрытие дорожных одежд переходного типа [17]</i>					
9 Выбоины площадью не более 0,16 м <sup>2</sup> и глубиной не более 10 см, м <sup>2</sup> /км, не более	–	–	10	15	30
10 Выбоины площадью более 0,16 м <sup>2</sup> и (или) глубиной более 10 см	Не допускаются				
11 Колея глубиной, см, не более	–	–	5	6	8
12 Гребенка глубиной, см, не более	–	–	4	5	6
13 Сроки устранения дефектов (пп. 1-4)	Регламентируются планами проведения текущих и капитальных ремонтов автомобильных дорог				
14 Сроки ликвидации дефектов (пп. 5 и 7) с момента их обнаружения, сут, не более	2	3	5	7	10
15 Сроки ликвидации дефектов (пп. 9, 11 и 12) с момента их обнаружения, сут, не более	–	–	6	10	14
16 Сроки ликвидации дефектов (пп. 6, 8 и 10) с момента их обнаружения	Кратчайше возможные				
* Значение дефекта для весеннего периода (март, апрель).					
<i>Примечания</i>					
1 С момента обнаружения дефектов до окончания проведения соответствующих ремонтных работ на участках автомобильных дорог, на которых дефекты покрытия превышают установленные значения, должны выполняться мероприятия в соответствии с п. 5.6 [9].					
2 На автомобильных дорогах с уровнем требований 1 и 2 дорожные одежды переходного типа не устраиваются.					
3 Искусственные неровности на проезжей части устраиваются в соответствии со стандартом [11].					

Армирующие и разделительные прослойки из геосеток (георешеток) применяют, как правило, на дорогах I–III категорий для снижения толщины щебеночного основания и для препятствия взаимопроникновению материалов смежных слоев. Разделительные прослойки из геотекстильных полотен предназначены для препятствия взаимопроникновению материалов смежных слоев, а также для предотвращения заиливания дренирующих слоев земляного полотна. Могут применяться как на границе контакта основания из щебня или щебеночно-гравийно-песчаной смеси и песчаного подстилающего слоя, так и на границе контакта дренирующего слоя из песка и грунта земляного полотна (рисунок 1.41).



Рисунок 1.41 – Процесс укладки прослойки из геосинтетических материалов

Армирование щебеночного основания позволяет исключить взаимопроникновение щебня и песка (особенно при вибрационном уплотнении), повысить несущую способность всей конструкции дорожной одежды в целом, не увеличивая ее материалоемкость, или уменьшить толщину слоя из фракционированного щебня, обеспечивая при этом требуемые параметры по прочности конструкции.

Применение разделительной прослойки из нетканого геотекстильного полотна предотвращает взаимопроникновение материала щебеночного основания и песка подстилающего слоя, обеспечивает дренаж воды, попадающей на прослойку через материал обочины и дорожную одежду, или грунтовой воды, попадающей в зону прослойки за счет капиллярного поднятия или отжатия ее из грунта земляного полотна при его оттаивании под действием транспорта, исключает загрязнение каменного материала основания или песка дренирующего слоя тонкодисперсными грунтовыми частицами, перемещающимися под действием движения грунтовых вод.

Применение армирующей или разделительной прослойки под щебеночным основанием позволяет отказаться от устройства технологического слоя.

Таким образом, армирование щебеночного основания геосетками (георешетками) позволяет:

- повысить несущую способность основания и всей конструкции дорожной одежды в целом, не увеличивая ее материалоемкость;
- исключить: взаимопроникновение щебня и песка (особенно при вибрационном уплотнении), загрязнение каменного материала основания тон-

кодисперсными грунтовыми частицами, перемещающимися под действием движения грунтовых вод;

– уменьшить толщину слоя из фракционированного щебня, обеспечивая требуемые параметры по прочности конструкции;

– обеспечить дренаж воды, попадающей на прослойку через материал обочины и дорожную одежду, или грунтовой воды, попадающей в зону прослойки за счет капиллярного поднятия или конденсации парообразной влаги.

Опыт применения данной технологии: Автомобильные дороги: М-4 Минск – Могилев, км 64,0 – км 74,0, км 168,10 – км 180,05; Р-28 Минск – Молодечно – Нарочь, км 19,5 – км 19,8; Р-110 Глубокое – Поставы – Лынтупы – гр. Литовской Республики, км 70,4 – км 71,8; пр. Победителей в г. Минске (участок от ул. 4-е Кольцо до МКАД).

**Технология устройства тонкослойного фрикционного износостойкого защитного покрытия «ТОНФРИЗ-СЛОЙ».** В Республике Беларусь применяется технология устройства тонких защитных слоев «ТОНФРИЗ», аналог европейской технологии «NOVACHIP». Тонкослойные асфальтобетонные покрытия устраиваются из специальных асфальтобетонных смесей, приготовляемых в горячем состоянии и укладываемых на слои проклеивания и герметизации из катионной модифицированной эмульсии, наносимой непосредственно перед укладкой асфальтобетонной смеси. Комбинация горячей и холодной эмульсионных технологий в едином технологическом процессе позволяет надежно укладывать указанные покрытия минимальной толщиной 10–15 мм, что невозможно при укладке горячих асфальтобетонов по традиционной технологии. Образуется однородная высокоструктурная и износостойкая поверхность, движение по которой может быть открыто сразу после ее остывания.

Рекомендуется к использованию на дорожных покрытиях, обладающих достаточной несущей способностью, но при этом характеризующихся наличием:

- прогрессирующей сетки трещин, отдельных редких и частых трещин;
- шелушения поверхности покрытия;
- незначительной относительно стабилизировавшейся колеяности;
- ранее отремонтированных выбоин (заплат), ухудшающих ровность дороги и комфортность проезда.

Также используется на тех покрытиях, где параметры шероховатости не обеспечивают требуемые сцепные качества.

Принцип технологии устройства тонкого фрикционного слоя износа состоит в обеспечении высокоскоростной (10 м/мин) укладки слоя горячей асфальтобетонной смеси подобранного гранулометрического состава поверх тонкого связующего слоя из модифицированной эмульсии (или битума), распределенных непосредственно перед укладкой. Обе операции производятся за один проход специального асфальтоукладчика марки Vögele (модель Super 1800SF) (рисунки 1.42, 1.43).

Хорошая износостойкость получаемого покрытия обусловлена использованием в составе смеси модифицированного битума, повышенным содержанием крупного наполнителя (до 70 % щебня). Кроме того, в технологии реализуется эффект поднятия (с заполнением пор на 2/3 толщины слоя) полимербитумного вяжущего, распределяемого непосредственно перед укладкой смеси (с дальнейшей его работой как составляющего в образуемом слое износа). При этом обеспечивается когезия и прочная связь укладываемого слоя с существующим основанием.

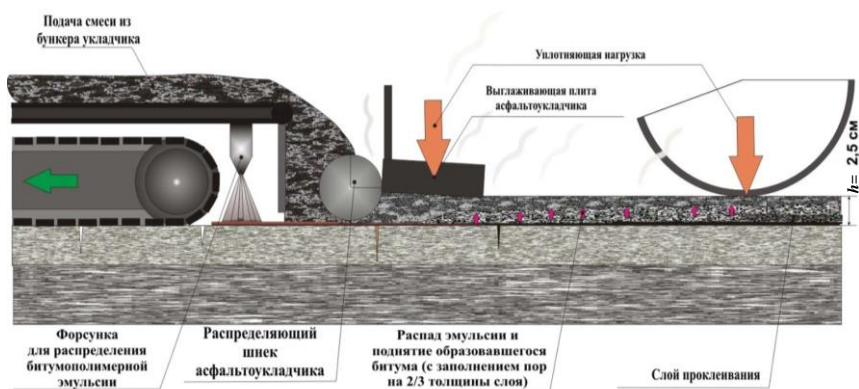


Рисунок 1.42 – Принципиальная схема устройства тонких защитных слоев «ТОНФРИЗ-СЛОЙ»



Рисунок 1.43 – Укладка тонкого фрикционного слоя асфальтоукладчиком (а), уплотнение фрикционного слоя (б), вид готового покрытия (в)

Покрытие очень гомогенно и благодаря характерной текстуре, а также достигаемой ровности обладает следующими преимуществами: 1) улучшаются физико-механические характеристики, при этом срок службы увеличивается в 1,5–2 раза; 2) потребительские свойства покрытия восстанавливаются за счет устранения различных дефектов; 3) повышаются сцепные качества покрытия, вследствие чего снижается уровень шума от проезжающих автомобилей за

счет однородной структуры; 4) обеспечивается хорошая гидроизоляция дорожной одежды; 5) при неблагоприятных погодных условиях уменьшается разбрызгивание колесами автомобиля воды и грязи, что способствует улучшению видимости для водителей автомобилей; 6) обеспечивается высокая адгезия защитного слоя к нижележащему слою покрытия; 7) снижается вероятность аквапланирования транспортных средств; 8) увеличивается износостойкость покрытия дорожной одежды за счет содержания в материале 80–90 % твердых фракций; 9) влияние обледенения и гололедицы на сцепные качества покрытия «ТОНФРИЗ-СЛОЙ» проявляется значительно позже в сравнении с другими типами покрытий.

При этом в силу высокого содержания щебня данная технология с успехом может применяться на грузонапряженных магистралях, а расчетный срок службы покрытия «ТОНФРИЗ-СЛОЙ» для магистралей – до 8 лет.

Движение можно открывать непосредственно после окончания уплотнения (при температуре уложенного слоя не выше 85 °С).

Экономический эффект данной технологии по сравнению с известными технологиями устройства защитных слоев, таких как мембранная технология и технология устройства защитного слоя в виде тонкослойного асфальтобетона из щебеночно-мастичной смеси, представлен в таблице 1.17.

Таблица 1.17 – Преимущества технологии «ТОНФРИЗ» над аналогами

На 1000 т смеси	По типу «ТОНФРИЗ», ( $h = 2,5$ см)	Мембранная технология устройства защитного слоя, ( $h = 4$ см)	Тонкослойное защитное покрытие ( $h = 4$ см) из щебеночно-мастичной смеси
Щебень, т	650	933	933
Битум, т	–	–	65
Модифицированный битум, т	57	52	–
Количество устроенных километров при ширине покрытия 7 м	2,4	1,98	1,7

Опыт применения данной технологии: с 2007 года на автомобильной дороге М-1/Е30 Брест – Минск – граница Российской Федерации.

**Покрытие из асфальтобетонной смеси с резиновой крошкой.** Использование покрытий из асфальтобетонной смеси с резиновой крошкой помимо улучшения упругопластических свойств асфальтобетона способствует повышению его теплостойкости, морозоустойчивости, снижению интенсивности процесса старения асфальто вяжущего материала и тем самым повышению усталостной долговечности асфальтобетонных покрытий. Технологический процесс приготовления резиноасфальтобетонной смеси аналогичен технологии приготовления асфальтобетонной щебеночно-

мастичной смеси. Резиновую крошку в смеситель подают по линии подачи целлюлозного волокна одновременно с минеральными материалами. Температура смеси на выходе из смесителя должна составлять 190...200 °С, при укладке – 60...180 °С. Содержание резиновой крошки фракции от 0,3 до 0,5 мм составляет 2 % от массы смеси (рисунок 1.44). Технология применяется для устройства покрытий автомобильных дорог общего пользования и гидроизоляционных покрытий искусственных сооружений.



Рисунок 1.44 – Процесс укладки покрытия из асфальтобетонной смеси с резиновой крошкой

Применение в составе асфальтобетонной смеси резиновой крошки способствует также повышению водонепроницаемости, деформативности и трещиностойкости асфальтобетонного покрытия. Экономический эффект от использования покрытий из резиноасфальтобетона достигается за счет увеличения срока службы покрытия.

Опыт применения данной технологии: мост через р. Воложинку на автомобильной дороге М-6 Минск – Гродно – граница Республики Польша, км 91,66; автомобильная дорога М-10 граница Российской Федерации – Гомель – Кобрин, км 423 – км 427; мостовой переход через р. Нача на автомобильной дороге Р-14 Полоцк – Миоры – Браслав, км 20,6; автомобильная дорога Р-71 Могилев – Славгород, км 11,55 – км 17,2; мост через р. Оку на автомобильной дороге М-5 «Урал» (Москва – Челябинск).

ЭМС представляет собой рационально подобранную смесь минерального материала определенного зернового состава, катионной битумной эмульсии, воды и различных добавок, полученную путем их смешивания в стационарной или мобильной установке. После устройства таких слоев следует ограничивать движение автомобилей в течение 14 суток. Это связано со сроком формирования слоя из ЭМС. Под сроком формирования понимается время, необходимое для полного удаления воды, применяемой для обеспечения

технологичности процесса, и воды, входящей в состав битумной эмульсии. Фактически движение по слою из ЭМС открывается сразу после его устройства, хотя процессы структурообразования еще не завершены [28]. Согласно данной методике все компоненты ЭМС одновременно подаются в смеситель, где происходит их смешение. ЭМС производится с использованием мобильной установки «Дельта 100» белорусского производства, что несомненно является одним из преимуществ данного способа (рисунок 1.45).



Рисунок 1.45 – Процесс приготовления ЭМС

В зависимости от типа битумной эмульсии ЭМС может приготавливаться либо складуемой, либо немедленной укладки. Складуемая гравийно-эмульсионная смесь может храниться в штабелях или в таре (в мешках, емкостях). ЭМС применяется на дорогах III–V категорий. На автомобильных дорогах III категории ЭМС используется для устройства верхнего несущего слоя основания и нижнего слоя покрытия, дорогах IV и V категорий – для устройства верхнего несущего слоя основания, нижнего и верхнего слоев покрытий. Шероховатость и плотность поверхности покрытий из этих смесей обеспечиваются устройством поверхностной обработки.

Технология устройства покрытий из ЭМС для дорог местного значения, по сравнению с традиционной, имеет следующие преимущества [28]:

- снижение общей стоимости работ на 20 % за счет уменьшения технологических энергозатрат и удешевления конструкции дорожной одежды;
- повышение экологической безопасности в зоне приготовления и укладки смеси;
- снижение зависимости от погодно-климатических факторов при проведении дорожных работ и др.

**ЭМС с ускоренным сроком формирования.** Отличие данного вида ЭМС от традиционных, применяемых в настоящее время в Республике Беларусь, заключается в ускоренном наборе прочности вследствие интенсивного отвода воды. Технология предназначена для устройства конструктивных слоев автомобильных дорог местного значения. ЭМС с ускоренным сроком формирова-



ния производятся с использованием мобильной установки «Дельта 100» белорусского производства (рисунок 1.46).



Рисунок 1.46 – Процесс укладки ЭМС:  
*а* – с ускоренным сроком формирования; *б* – вид готового покрытия

Технология устройства покрытий из ЭМС ускоренного формирования для дорог местного значения по сравнению с традиционной технологией имеет следующие преимущества [28]:

- снижение общей стоимости работ на 20 % за счет уменьшения технологических энергозатрат и удешевления конструкции дорожной одежды;
- повышение экологической безопасности в зоне приготовления и укладки смеси;
- снижение зависимости от погодных-климатических факторов при проведении дорожных работ;
- ускорение набора покрытием эксплуатационных характеристик.

Опыт применения данной технологии: автомобильные дороги: Н-3111 Туровичи – Смоляны – Межево; Н-28 Бостынь – Велута – Новоселки – Малые Чучевичи, км 6,712 – км 8,559; Н-696 Ивацевичи – Гошево – Косово, км 0,000 – км 1,158, км 1,178 – км 1,369; Н-72 Богдановка – Сваха – Бостынь, км 0,000 – км 1,300; подъезд от автодороги Слоним – Высокое к с/т «Слонимцы», км 0,000 – км 0,590; Н-672 Вулька Радовецкая – Каролин – Новая Попина, км 3,370 – км 5,835; Н-798 Жеребковичи – Домаши – Святитичи, км 3,103 – км 8,264.

**ЭМС, структурированные волокнистыми добавками** применяются при строительстве нижних слоев оснований автомобильных дорог III–IV категорий, а также при устройстве нижних и верхних слоев покрытий и оснований автомобильных дорог V, VI-а и VI-б категорий. ЭМС, структурированные волокнистыми добавками, состоят из минеральной части, битумной эмульсии, воды и волокнистых добавок, в качестве которых могут использоваться волокно целлюлозы, рубленое волокно из Е-стекла, рубленое волокно из полиэтилена высокого давления. Технология производства и при-

менения подобных смесей не отличается от традиционной технологии производства и применения ЭМС [28].

Использование волокнистых добавок значительно увеличивает устойчивость смесей к воздействию воды, улучшает прочностные свойства смесей. Применение ЭМС, структурированных волокнистыми добавками, позволяет продлить срок службы конструктивных слоев на 10–15 % за счет оптимизации подобранных составов, более равномерного распределения заполнителя и снижения явления сегрегации. Равномерное распределение каменного материала в составе смеси обеспечивает требуемые физико-механические характеристики при его меньшем расходе. При этом существенно повышается шероховатость текстуры покрытия и безопасность дорожного движения (рисунок 1.47).

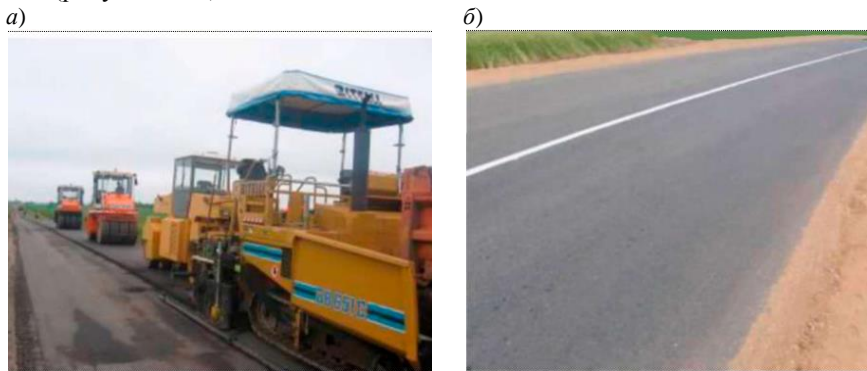


Рисунок 1.47 – Процесс укладки ЭМС:

*а* – структурированных волокнистыми добавками; *б* – вид готового покрытия

Опыт применения данной технологии задействован на автомобильной дороге Н-672 Вулька Радовецкая – Каролин – Новая Попина.

**Устройство покрытий из холодных регенерированных асфальтобетонных смесей (технология холодного ресайклинга).** В основе данной технологии лежит повторное использование старого фрезерованного асфальтобетонного покрытия. Она может применяться как для восстановления, так и для повышения несущей способности дорожных одежд. Холодные регенерированные асфальтобетонные смеси представляют собой смесь асфальтового гранулята (фрезерованного асфальтобетонного покрытия), специальной катионной битумной эмульсии, цемента, воды, взятых в определенных соотношениях (рисунок 1.48).

Холодные регенерированные асфальтобетонные смеси приготавливаются в стационарных или мобильных установках, специальных смесителях-укладчиках и укладываются в конструктивные слои дорожной одежды в хо-

лодном состоянии. Такие смеси могут приготавливаться и укладываться с помощью специальных машин-ресайклеров, которые измельчают конструктивные слои существующей дорожной одежды, перемешивают измельченный материал с вяжущим и водой и укладывают полученную смесь для дальнейшей планировки и уплотнения в новый конструктивный слой. В зависимости от категории автомобильной дороги вышеуказанные смеси могут укладываться в верхние слои основания (I–III категории), в нижний (III категория) или верхний слои покрытия (IV–V категории). В зависимости от состава холодные регенерированные смеси могут приготавливаться в двух вариантах: 1) складуруемые; 2) непосредственной укладки. Экономическая эффективность использования такой смеси достигается за счет повторного использования минерального материала (до 100 %) и за счет снижения энергозатрат на 25–50 % по сравнению с энергозатратами на приготовление традиционного асфальтобетона.



Рисунок 1.48 – Процесс укладки покрытий из холодных регенерированных асфальтобетонных смесей по технологии холодного ресайклинга

Холодная регенерация асфальтобетонного покрытия с помощью ресайклера WIRTGEN 2200CR при научно-техническом сопровождении государственного предприятия «БелдорНИИ» выполнена в 2007 году на автомобильной дороге Р-67 Борисов – Березино – Бобруйск; в 2008 году – на участке автомобильной дороги Р-110 Глубокое – Поставы – Лынтупы – граница Литовской Республики, км 40,8 – км 50,2; в 2009 году – на участке той же автомобильной дороги Р-110 – км 68,0 – км 72,4.

**Горячие асфальтобетонные смеси с пониженной температурой приготовления и укладки.** Технология предусматривает получение и укладку низкотемпературного асфальтобетона с использованием специальных добавок (рисунок 1.49). Добавки могут вводиться в жидкой либо твердой (в виде гранул) форме в органическое вяжущее или прямо в мешалку асфальтобе-

тонного завода. За счет применения добавок температуру асфальтобетонной смеси при выпуске из смесителя можно снизить до 110...120 °С, а укладки – до 80...100 °С (без ухудшения качественных показателей). Технология используется при приготовлении и укладке асфальтобетонных смесей в экономном режиме [5].



Рисунок 1.49 – Процесс укладки горячей асфальтобетонной смеси с пониженной температурой приготовления и укладки

При использовании специальных добавок достигается:

- снижение энергетических затрат при устройстве нижних и верхних слоев асфальтобетонных покрытий автомобильных дорог;
- удлинение строительного сезона для данного вида работ;
- увеличение дальности возки смеси к месту укладки;
- повышение долговечности покрытия автомобильных дорог за счет увеличения адгезии битума к минеральным составляющим и уменьшения старения битума на стадии приготовления смеси.

Экономический эффект от применения добавки составляет около 215 руб. (на 1 т выпущенной асфальтобетонной смеси экономия газа составила примерно 4 м<sup>3</sup>).

Опыт применения технологии: автомобильная дорога Береза – рыбхоз «Селец», км 2,700 – км 3,045; автомобильная дорога М-1/Е30 Брест – Минск – граница Российской Федерации; автомобильная дорога Н-988 Дмитровичи – Подбела; мост через р. Западную Двину (г. Верхнедвинск).

**Холодные литые асфальтобетонные смеси** представляют собой смесь щебня, дробленого песка, цемента, воды, регулятора скорости распада и битумной эмульсии. Соотношение компонентов определяется специализированной дорожной лабораторией. Они применяются в качестве слоев износа, гидроизоляции и фрикционных слоев. Для производства и укладки литого холодного асфальтобетона применяется специализированный асфальтобетонный завод, смонтированный на шасси трех-, четырехосного грузовика или

двух-, трехосного полуприцепа. В Беларуси используются установки HD-10 фирмы «AKZO NOBEL», «Braining», смонтированные на автомобиле МАЗ, полуприцепная установка SOM 1000-3/10 фирмы «Weiro» [13, 23]. При устройстве защитного слоя толщина укладываемой в один проход смеси составляет 10 мм при ее расходе 14–15 кг на 1 квадратный метр. При ремонте колеи расход смеси должен соответствовать требованиям таблицы 1.18. Колеи глубиной до 25 мм заполняются литой холодной смесью за один проход. При глубине колеи более 25 мм применяется двухслойное заполнение. Коэффициент сцепления такого покрытия должен составлять не менее 0,5.

Таблица 1.18 – Расход асфальтобетонной смеси в зависимости от глубины колеи

Глубина колеи, мм	Расход смеси, кг/м <sup>2</sup>	Глубина колеи, мм	Расход смеси, кг/м <sup>2</sup>
10–15	10–15	25–35	14–20
15–20	12–18	35–40	16–22

Преимущества данного вида защитного слоя:

- повышение безопасности за счет увеличения сцепления покрытия с колесом автомобиля;
- продление ресурса асфальтобетонного покрытия за счет его гидроизоляции.

**Щебеночно-мастичные асфальтобетонные смеси с применением целлюлозного волокна** применяются для устройства верхних слоев покрытий на автомобильных дорогах I, II категорий. Отличительными особенностями разработанного состава щебеночно-мастичного асфальтобетона являются высокое содержание фракционированного щебня, неструктурированного битума и стабилизирующей добавки на основе целлюлозного волокна или торфа. Высокие прочностные свойства обеспечиваются контактной структурой асфальтобетона. Введение стабилизирующей добавки позволяет предотвратить сегрегацию асфальтобетонной смеси в процессе приготовления, транспортировки и укладки.

В настоящее время специалистами исследуются составы щебеночно-мастичного асфальтобетона на основе битумо-полимерного вяжущего как с целлюлозным волокном, так и без него и с расширением диапазона фракционного состава каркасной составляющей асфальтобетона [5].

Щебеночно-мастичный асфальтобетон обладает значительной сдвигоустойчивостью при высоких температурах, коррозионной стойкостью, устойчив к трещинообразованию при отрицательных температурах и увеличивает межремонтный срок службы дорожного покрытия в 2 раза по сравнению с традиционным асфальтобетоном. Уложенное покрытие обеспечивает высокий коэффициент сцепления колеса с покрытием, способствует отводу воды с покрытия (рисунок 1.50). Данные смеси активно применяются при устройстве верхних слоев автомобильных дорог I и II категорий начиная с 2002 г.



Рисунок 1.50 – Вид готового покрытия с использованием щебеночно-мастичных асфальтобетонных смесей с применением целлюлозного волокна

**Материал для обеспыливания гравийного покрытия автомобильных дорог** представляет собой катионную медленнорастворяющуюся эмульсию на основе отработанных масел. Эмульсия предназначена для обеспыливания дорожных одежд с гравийным покрытием. Норма расхода 30%-й эмульсии составляет 4–5 л/м<sup>2</sup> при толщине обрабатываемого слоя 0,06–0,08 м. Обеспыливающий эффект (уменьшение содержания пылевидных фракций) составляет 65–85 %, в зависимости от расхода эмульсии и содержания пылевидных частиц в материале покрытия. Продолжительность обеспыливающего эффекта составляет от 30 до 150 суток (рисунок 1.51).



Рисунок 1.51 – Процесс нанесения эмульсии, обеспыливающей гравийное покрытие автомобильных дорог

Обеспыливание гравийных покрытий автомобильных дорог с дорожной одеждой переходного типа в летнее время продлевает срок их службы и значительно уменьшает запыленность воздуха, что позволяет увеличить скорость движения автомобилей и, следовательно, пропускную способность дорог, срок службы двигателей автомобилей, позволяет повысить безопасность дорожного движения и улучшить экологическую обстановку в прилегающих районах [27].

**Гидроизоляционное покрытие мостового полотна искусственных сооружений.** Государственным предприятием «БелдорНИИ» разработан состав вибролитого асфальтобетона на битумополимерном вяжущем для

устройства покрытий проезжей части мостовых сооружений, который является не только основным покрытием, но и гидроизоляцией. Укладываемое покрытие толщиной от 4 до 5 см. Выполнение работ при этом не требует использования дорогостоящего специализированного оборудования (передвижных котлов и специальных укладчиков литой смеси). Вибролитая смесь транспортируется к месту укладки автосамосвалами и укладывается традиционными асфальтоукладчиками (рисунок 1.52).



Рисунок 1.52 – Процесс укладки жесткой вибролитой асфальтобетонной смеси

Для обеспечения достаточной прочности и сдвигоустойчивости каркас вибролитого асфальтобетона содержит 50–65 % щебня. Гидроизоляционные и деформационные свойства вибролитого асфальтобетона обеспечиваются содержанием модифицированного битума до 8 %. В качестве модификатора битума могут использоваться резиносодержащие добавки, которые могут вводиться непосредственно в смеситель (рисунки 1.53, 1.54).



Рисунок 1.53 – Распределение обработанного вяжущим щебня фракции от 5 до 10 мм и его последующее втапливание с помощью гладковальцового катка

Разработанная методика подбора состава асфальтобетонной смеси позволяет определять оптимальный состав вибролитой смеси для каждой погодно-климатической зоны, категории автомобильной дороги и конструкции мостового сооружения.



Рисунок 1.54 – Вид готового покрытия

Требуемая шероховатость асфальтобетонного покрытия обеспечивается путем россыпи обработанного вяжущим щебня фракции от 5 до 10 мм и его последующим втапливанием с помощью гладковальцового катка [14].

Гидроизоляционное покрытие, устроенное из асфальтобетонной смеси с высоким содержанием щебня, выполняет роль несущего слоя и обладает повышенной сдвигоустойчивостью, а наличие в нем достаточного количества битумополимерного вяжущего обеспечивает водонепроницаемость, повышенную деформативность и высокую трещиностойкость. Межремонтный срок службы такого покрытия увеличивается более чем в 2 раза.

Технология позволяет:

- отказаться от устройства дополнительной гидроизоляции мостового полотна за счет обеспечения водонепроницаемости вибролитого асфальтобетона;
- повысить гидроизоляционные и деформационные свойства вибролитого асфальтобетона за счет содержания модифицированного битума (до 8 %);
- обеспечить высокие показатели прочности и сдвигоустойчивости покрытия за счет высокого содержания щебня (до 65 %).

В случае использования резиновой крошки возможно применение любого асфальтосмесительного оборудования.

Применение технологии: мост через р. Западную Двину на юго-западном обходе г. Витебска и мост через р. Березину в г. Борисове.

**Мембранная технология ремонта жестких покрытий автомобильных дорог** предназначена для устройства защитных и защитно-гидроизоляционных слоев покрытий при ремонте дорог и ездового полотна искусственных сооружений. Для устройства таких слоев применяется специальный состав асфальтобетонной смеси с модифицированным битумом, укладываемой на предварительно распределенный модифицированный битум или битумополимерную эмульсию (мембрану) (рисунок 1.55, а). В результате обеспечивается насыщение нижней части покрытия вяжущим в момент уплотнения укладываемой смеси на  $2/3$  его толщины, материал защитного



слоя приобретает повышенные деформативные свойства, обеспечивается его высокая трещиностойкость, а также способность воспринимать температурные и динамические нагрузки без преждевременного разрушения покрытия (рисунок 1.55, б). Покрытие, устроенное по мембранной технологии, обладает высокой трещино-стойкостью и водонепроницаемостью. Межремонтный срок службы таких покрытий увеличивается в 2–2,5 раза [13, 26]. Экономический эффект от внедрения данной технологии составляет 0,15–0,2 USD на 1 м<sup>2</sup> при ремонте цементобетонных покрытий и 1,5–1,8 USD на 1 м<sup>2</sup> при ремонте покрытий мостового полотна.

а)



б)



Рисунок 1.55 – Процесс укладки покрытия:  
а – по мембранной технологии; б – вид готового покрытия

По данной технологии устроены защитно-гидроизоляционные покрытия на мостах через реки: Сож (г. Ветка); Березина (г. Борисов); Неман (пос. Лунно); Неман (г. Гродно); Припять (г. Мозырь); Ока (г. Подольск, Российская Федерация), а также на 10 путепроводах. Кроме этого, отремонтировано около 30 км дорог с цементобетонным покрытием.

**Модифицированные бетоны высокой морозостойкости и коррозионной стойкости** предназначены для изготовления монолитных и сборных бетонных и железобетонных изделий и конструкций мостовых сооружений, барьерных ограждений, покрытий дорог, стоянок автомобильного транспорта, подвергающихся в период эксплуатации воздействию противогололедных химических реагентов и других агрессивных факторов внешней среды. Высокие эксплуатационные характеристики достигаются за счет применения высокоэффективных суперпластификаторов, воздухововлекающих (газообразующих) добавок, замедлителя потери удобоукладываемости и, при необходимости, активной минеральной добавки (рисунок 1.56). Экономическая эффективность от применения бетонов высокой морозостойкости и коррозионной стойкости достигается за счет отсутствия необходимости в проведении периодических ремонтов конструкций во время их эксплуатации. Сохраняемость удобоукладываемости бетонной смеси во времени – до 24 ч.

Модифицированные бетоны высокой морозостойкости и коррозионной стойкости применены при строительстве мостовых сооружений через р. Западную Двину в районе г. Витебска и г. Верхнедвинска, через р. Сож в районе г. Кричева и на других объектах.

**Деформационный шов с металлическим окаймлением и резиновым компенсатором** представляет собой конструкцию, включающую металлическое окаймление, жестко прикрепляемое к пролетному строению, и лоток-компенсатор, выполненный непрерывным по всей длине шва (рисунок 1.57).



Рисунок 1.56 – Применение модифицированных бетонов

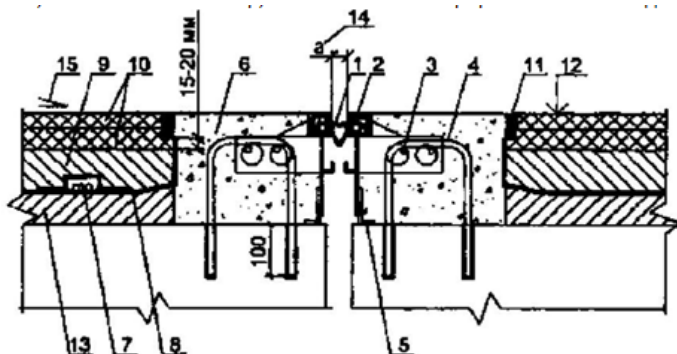


Рисунок 1.57 – Деформационный шов:

- 1 – резиновый лоток-компенсатор; 2 – металлическое окаймление; 3 – продольная арматура;
- 4 – поперечная анкерная арматура; 5 – уголок уплотнения зазора;
- 6 – бетонный сопрягающий участок; 7 – дренажный элемент; 8 – гидроизоляция;
- 9 – защитный слой; 10 – асфальтобетон; 11 – штраба, заполненная битумной мастикой;
- 12 – уровень асфальтобетонного покрытия мостового полотна; 13 – выравнивающий слой;
- 14 – монтажный зазор; 15 – продольный уклон покрытия мостового полотна

Может применяться на железобетонных, стальных и сталежелезобетонных пролетных строениях мостовых сооружений с асфальтобетонным и цементобетонным покрытием для восприятия линейных перемещений от 10 до 80 мм. Металлическое окаймление изготавливается из стандартных прокатных элементов. Производство резинового лотка-компенсатора налажено в Республике Беларусь (рисунок 1.58).



Рисунок 1.58 – Устройство деформационного шва и вид готового шва

Сопрягающие участки устраиваются из дисперсно-армированного бетона, что позволяет увеличить долговечность при высоких динамических нагрузках.

Данная технология применена в проектах моста через р. Лососянку на автомобильной дороге Подъезд от автомобильной дороги М-6 к г. Гродно, км 2,151 и моста через р. Страчу на автомобильной дороге Р-45 Полоцк – Глубокое – гр. Литовской Республики, км 180.

## 1.7 Отвод воды с поверхности автомобильных дорог

### 1.7.1 Нормы проектирования водоотводных сооружений

Для предохранения земляного полотна от переувлажнения поверхностными водами и размывов в ходе производства работ по его сооружению, а также на время эксплуатации дороги для обеспечения должного уровня безопасности движения следует предусматривать систему поверхностного водоотвода (устройство кюветов, канав, лотков, быстроток, поглощающих колодцев и др.).

Кюветы устраивают в выемках и у малых насыпей для сбора и отвода воды, стекающей с поверхности земляного полотна, а также для приема воды, поступающей из дренажных устройств дорожной одежды. Глубину кювета следует назначать на 0,1–0,2 м ниже устья дренажных устройств или низа дренирующего слоя дорожной одежды в точке выхода его на откос. При отсутствии дренажа глубина кювета, считая от бровки земляного полотна, изменяется в пределах от 0,3 до 0,9 м в зависимости от вида грунта [17]. Дно кювета должно иметь продольный уклон не менее 5 ‰ и в исключительных случаях – не менее 3 ‰. Для канав, расположенных на расстоянии не менее 4 м от подошвы насыпи, допускается уклон дна не менее 1 ‰.

Наибольший продольный уклон водоотводных сооружений определяется в зависимости от вида грунта, типа укрепления откосов и дна канавы с учетом допускаемой по размыву скорости течения. При невозможности обеспечения допустимых уклонов следует предусматривать быстроток, перепады и водобойные колодцы.

На дорогах I-а, I-б, I-в и II–IV категорий на участках насыпей высотой более 3 м, при продольных уклонах более 30 ‰, а также у вершин вогнутых

кривых в продольном профиле с радиусом 8000 м и менее следует предусматривать мероприятия против размыва обочин и откосов.

Вероятность превышения расчетного паводка при проектировании водоотводных канав, кюветов, лотков, быстротоков следует принимать равной: для дорог I-а, I-б, I-в и II категорий – 2; III и IV – 3; V – 4 %.

При проектировании водоотводных сооружений для отвода воды с поверхностей мостовых сооружений и дорожного полотна вероятность превышения следует принимать: для дорог I-а, I-б, I-в и II категорий – 1; III и IV – 2; V – 3 %.

Грунтовые и поверхностные воды, которые могут влиять на прочность и устойчивость земляного полотна и на условия производства работ, перехватывают или понижают дренажными устройствами.

Типы укреплений откосов земляного полотна и водоотводных сооружений должны отвечать условиям работы укрепляемых сооружений, учитывать свойства грунтов, особенности погодного-климатических факторов, конструктивные особенности земляного полотна и обеспечивать возможность механизации работ и минимум приведенных затрат на строительство и эксплуатацию дорожных сооружений.

Подтопляемые откосы насыпей следует защищать от волнового воздействия, а также от гидростатического и эрозионного воздействия воды соответствующими типами укреплений в зависимости от гидрологического режима реки или водоема. При технико-экономическом обосновании взамен укрепления допускается уположение откосов (пляжный откос). Крутизну устойчивого к водному воздействию откоса определяют расчетом в зависимости от гидрологических и климатических условий и вида грунта насыпи.

Защитные и удерживающие сооружения, применяемые при возведении земляного полотна, следует проектировать индивидуально на основе требований и существующих нормативов.

### 1.7.2 Укрепление земляного полотна и водоотводных сооружений

По характеру восприятия временных и постоянных нагрузок, а также природно-климатических факторов **конструкции укрепления земляного полотна и водоотводных сооружений** подразделяют:

– на защитные, предназначенные для защиты поверхностных слоев откосов от температурных воздействий атмосферных осадков, ветровой и водной эрозии. К ним отнесены: биологические типы укреплений (посев трав, одерновка, посадка кустарника); покрытие в клетку и сплошное покрытие из нетканого синтетического материала с семенами многолетних трав с поверхностной плотностью до 400 г/м<sup>2</sup>; сборная решетка из бортовых колец или использованных автомобильных шин с заполнением ячеек расти-

тельным грунтом с посевом трав или каменным материалом (песчано-гравийная смесь, щебень); покрытие из георешеток с заполнением ячеек щебнем 40–70 мм;

– несущие, которые предназначены для компенсации сдвигающих усилий, возникающих в поверхностных слоях грунта откосов, а также силовых воздействий паводковых и поверхностных вод на откосы пойменных насыпей. К ним отнесены: сборная или монолитная решетка с заполнением ячеек щебнем 40–70 мм, камнем – 10–50 мм или грунтоцементом; сборные и монолитные бетонные и железобетонные плиты; коробчатые габионы<sup>1)</sup>; сплошное покрытие из нетканого синтетического материала с семенами трав с поверхностной плотностью более 400 г/м<sup>2</sup>; покрытие из утилизированных автомобильных шин (половинок шин), уложенных на откос в клетку или в шахматном порядке с заполнением промежутков бетоном и кольцевых полостей щебнем 40–70 мм, камнем – 50–100 мм или грунтоцементом [34].

В качестве основания или подготовки под укрепление (обратного фильтра) используют щебень из плотных горных пород или полотно геотекстильное для транспортного строительства с поверхностной плотностью 400–600 г/м<sup>2</sup>. В пределах уровня подтопления при расчетном паводке плюс 0,5 м укрепление конусов и откосов насыпи у малых и средних мостов производится монолитным бетоном толщиной 12 см, сборными плитами толщиной 12 см с гибкими связями, коробчатыми габионами и др.

Укрепление прилегающих к конусам откосов насыпи производится сборной или монолитной решеткой, изношенными автомобильными покрышками с заполнением ячеек и кольцевых полостей щебнем 40–70 мм, камнем 50–100 мм, грунтоцементом или нетканым синтетическим материалом с решеткой из бортовых колец на основе технико-экономического сравнения вариантов. Укрепление конусов и откосов выемки под пролетным строением путепроводов производится сборными бетонными плитами толщиной 8 см (рисунок 1.59), сборными или монолитными решетками, а также георешетками с заполнением ячеек щебнем мелких фракций или цементогрунтом.

Сплошные укрепления из монолитного бетона и крупноразмерных бетонных плит применяют на конусах насыпи и откосах выемки только под пролетным строением путепроводов и при соответствующем технико-экономическом обосновании. Укрепление боковых частей конусов и откосов насыпи (выемки) на прилегающем к путепроводу участке при необходимости производится нетканым синтетическим материалом с семенами многолетних трав, уложенным сплошным покрытием или полосами в клет-

---

<sup>1)</sup> *Габион* – конструкция в виде заполненного камнем ящика из металлической оцинкованной или иной сетки на каркасе, предназначенная для устройства регуляционных и берегоукрепительных сооружений. Применяются при скорости течения воды до 5 м/с.

ку, покрытием из георешеток, монолитной или сборной решеткой из бетонных элементов или бортовых колец с заполнением ячеек растительным грунтом с посевом трав, щебеночно-гравийно-песчаной смесью или каменным отсевом (дробленным песком). Конструктивные решения укреплений откосов земляного полотна приведены на рисунке 1.60.

Рисунок 1.59 – Защита земляного полотна от эрозии укреплением откосов подмостовых конусов бетонными плитами [34]

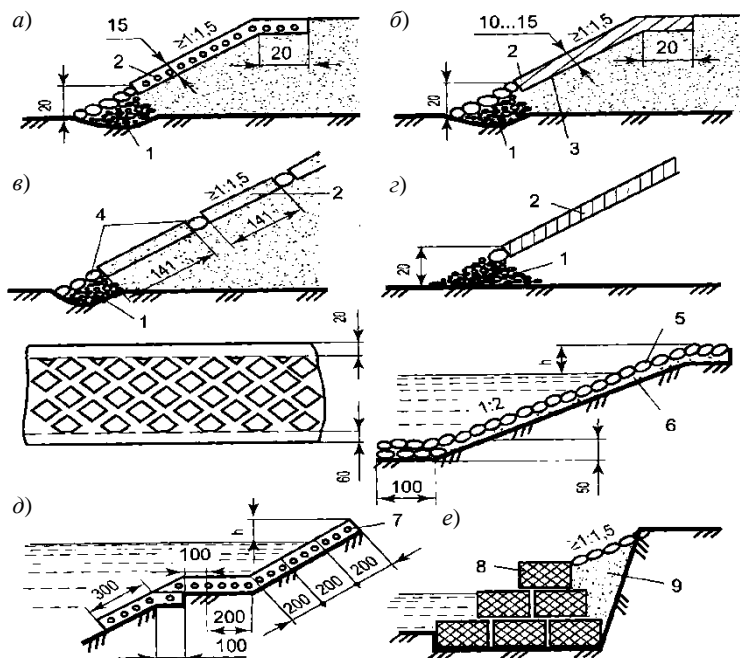


Рисунок 1.60 – Капитальные типы укрепления откосов [34]:  
*a* – бетоном, *б* – грунтом, *в* – мощением в клетку, *г* – тощим бетоном, *д* – бетонными плитами, *е* – габионами; 1 – дренаж, 2 – обратный фильтр, 3 – геотекстиль, 4 – упоры, 5 – мощение камнем, 6 – фильтр из щебня, 7 – плиты, 8 – габионы, 9 – засыпка из песка

### 1.7.3 Содержание полосы отвода, земляного полотна и водоотвода

Особое внимание уделяется участкам автомобильных дорог с неблагоприятными грунтовыми и гидрологическими условиями, участкам развития пучинообразования и участкам дорог на болотах. **Работы по содержанию полосы отвода, земляного полотна и водоотвода** выполняют на основе *ведомостей дефектов*, выявленных при сезонных осмотрах автомобильной дороги, *ведомости оценки* качества содержания конструктивных элементов по видам дефектов, а также по результатам *патрульного осмотра*.

В весенне-летне-осенний период от мусора, посторонних предметов, порубочных остатков древесно-кустарниковой растительности производят очистку разделительной полосы, обочин, откосов, полосы отвода и элементов системы водоотвода. Данные работы выполняют круглогодично с учетом сезонного характера работ. Боковые водоотводные канавы, кюветы и другие водоотводные сооружения прочищают с обеспечением продольного уклона дна не менее 5 ‰. Устья дренажных выпусков очищают от оплывшего грунта. На обочинах и откосах формируют газоны из низкостебельных трав, способных образовывать дернину, препятствующую развитию эрозионных процессов в откосной части земляного полотна.

*Нежелательную растительность* (древесно-кустарниковую и травянистую) удаляют механическим (срезка, корчевка, скашивание), химическим (обработка специальными химическими веществами – гербицидами или арборицидами) или комбинированным (механическое удаление совместно с применением гербицидов или арборицидов) способами. Выбор способа удаления зависит от вида, состава, густоты, возраста и местоположения нежелательной растительности на элементах автомобильной дороги, наличия необходимых технических средств, природных и хозяйственных условий [63].

На *пучинистых участках* в конце зимнего периода года следует выполнять работы по обеспечению быстрого отвода талых вод, не допуская их застоя на проезжей части, обочинах, в водоотводных канавах (кюветах).

На укрепленных обочинах с покрытием переходного типа устраивают поперечные дренажные прорезы (осушительные воронки) шириной от 0,25 до 0,5 м. Прорезы устраивают на глубину дорожной одежды с подстилающим песчаным слоем в шахматном порядке, придавая дну прорези уклон в сторону откоса от 40 до 50 ‰. Расстояние между прорезями принимают, в зависимости от степени переувлажнения земляного полотна, в пределах от 4 до 8 м. На спусках (подъемах) прорезы устраивают в сторону низовых вертикальных отметок под углом к оси дороги от 10 до 45°.

До высыхания грунта прорезы в местах скопления воды очищают, после просыхания – засыпают разрыхленным грунтом, щебнем (гравием), в том числе используемыми при укреплении обочин, и уплотняют до требуемой плотности [17]. С целью профилактики пучинообразования рекомендуется устраивать дренажи из геотекстиля (согласно положениям кодекса [22]).

*Отдельные промоины и размывы грунта на откосах насыпей* планируют с добавлением (при необходимости) грунта и уплотнением. Отремонтированные участки укрепляют защитным покрытием из геотекстиля или засевом трав. При укреплении откосов рекомендуется применять геосинтетические нетканые материалы, включающие семена трав или без них. Последние используются в качестве покрывного материала для защиты на период прорастания семян. На участках с поврежденным дерновым слоем производят подсев трав.

Участки насыпи, где деформации (повреждения) проявляются систематически, обследуют с целью установления причин их возникновения и принятия решения по ремонту или замене конструкции укрепления либо устройству лотка-быстротока.

Въезды и съезды с автомобильной дороги в неустановленных местах исключаются, так как они непосредственно разрушают откосы. После разработки и разравнивания грунта для предотвращения образования съездов вне установленных мест располагаются ограждения с расшивкой рейками.

*Водоотводные сооружения* должны обеспечивать пропуск расчетного расхода воды. Для пропуска водоотводом значительного расхода воды устраивают поперечные выходы из боковых канав в продольную водоотводную канаву в случае расположения ее на границе полосы отвода. В случаях, когда работы необходимо провести в период застоя в них воды, ее следует отвести поперечными канавами в пониженные участки в пределах полосы отвода или во временные, специально отрытые накопители. После испарения воды в накопителе проводят его рекультивацию. При этом поверхность водоотводных сооружений соответственно укреплена.

При *размыве, разрушении* отдельных участков неукрепленных водоотводных канав и других водоотводных сооружений с нарушением их продольного и поперечного профилей производят работы по их восстановлению. При ремонте канав их прочищают на всем протяжении ремонтируемого участка. Прочистку канав ведут навстречу возможному течению воды. Если через данную канаву пропускается расход воды больше расчетного, то из нее делают поперечные выпуски в дополнительную водоотводную канаву, сооружаемую на границе полосы отвода, устраивают испарительные бассейны. Отдельные размывы и оплывы грунта на откосах и дне канав (кюветов), у лотков планируют с добавлением (при необходимости) грунта, уплотнением и укреплением их одерновкой или засевом трав. Дно кюветов (канав) на таких участках укрепляют щебнем (гравием) или геотекстильным материалом.

На водоотводных сооружениях, укрепленных асфальто- или цементбетоном, герметизируют отдельные трещины и швы, заделывают выбоины, сколы, просевшие или вспученные места. Герметизацию трещин и швов в асфальтобетонном укреплении водоотводных канав, лотков и т.д. шириной до 5 мм производят путем разлива битума, свыше 5 мм – битумными мастиками.



При деформации профиля водоотводного сооружения, укрепленного сборным цементобетоном, в результате вспучивания или просадки отдельных цементобетонных плит производят их замену в следующей последовательности: вспученные или просевшие плиты вырубают по продольным и поперечным швам; грунт под плитами выбирают и заменяют песком; поврежденные плиты укладывают на старое место, поврежденные заменяют новыми; швы герметизируют битумной мастикой. При необходимости производят прочистку и устранение повреждений ливневой канализации, дренажных устройств, подводящих и отводящих русел у мостов и труб, быстроточков, перепадов, водоотводных лотков, а также устройство и восстановление берм под дорожные знаки.

Работы по содержанию прикромочных лотков включают их регулярный осмотр, очистку, выявление разрушений, заделку трещин, выбоин и, при необходимости, замену отдельных блоков. После установки новых блоков производят контроль их высотных отметок и заполнение швов бетонной смесью. Пазы на примыкании блоков к цементобетонному покрытию заполняют бетонной смесью либо цементно-песчаным раствором, а на примыканиях к асфальтобетонному покрытию – асфальтобетонной смесью [5].

Водосборные колодцы<sup>1)</sup> подлежат регулярной очистке, не допуская их заиливания. Участки просадок покрытия вокруг колодцев подлежат своевременному ремонту. При этом дорожное покрытие вокруг колодца вырезают (стенки должны быть вертикальными) и заполняют ремонтной смесью, соответствующей материалу дорожного покрытия, а крышка или решетка колодца должны находиться на одном уровне с верхним слоем дорожного покрытия.

#### **1.7.4 Механизм разрушения земляного полотна. Система поверхностного водоотвода**

На автомобильную дорогу воздействуют поверхностные и грунтовые воды. Поверхностные воды образуют пленку воды на поверхности проезжей части. Эта пленка при движении автомобиля с большой скоростью вызывает аквапланирование колес автомобиля и снижает безопасность движения (особенно при больших скоростях). Поверхностные воды через трещины и поры проникают в дорожную одежду и в подстилающий слой земляного полотна. При переменном замораживании и оттаивании монолитных материалов, из которых выполнены слои дорожной одежды, происходит разрушение их структуры и снижение несущей способности. При проникновении поверхностных вод в подстилающий слой увеличивается его влажность, уменьшается его прочность, что, в свою очередь, снижает прочность распо-

---

<sup>1)</sup> *Водосборный колодец* – устройство, перехватывающее в определенных местах дороги поверхностные воды и отводящее их через другие водоотводные устройства.

ложенной выше дорожной одежды. Поверхностная вода, стекающая с проезжей части автомобильной дороги, с поверхности площадок для длительной стоянки автомобилей (автозаправочные станции, площадки для стоянки автомобилей) загрязнена маслами, солями, применяемыми для борьбы со скользкостью в зимний период. Она вызывает загрязнение окружающей природной среды, и поэтому требует очистки [55].

Отмеченные негативные факторы влияния поверхностных вод на автомобильную дорогу могут быть частично или полностью исключены с помощью системы поверхностного отвода воды. Система поверхностного водоотвода включает:

- отвод воды с дорожного полотна ( проезжей части и обочин);
- отвод воды от автомобильной дороги с помощью водоотводных канав;
- перехват воды, поступающей к автомобильной дороге с прилегающей территории с помощью нагорных канав (рисунок 1.61);
- пропуск воды под дорогой.

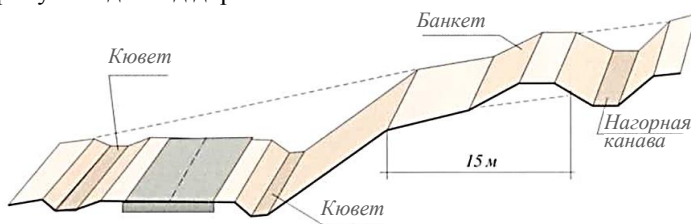


Рисунок 1.61 – Схема расположения водоотводных устройств [55]

Для быстрого отвода воды с проезжей части и обочин их поверхности имеют поперечный уклон (см. таблицу 1.12). При продольных уклонах автомобильной дороги более 30 % вдоль кромки проезжей части могут устраиваться сборные *прикромочные лотки* взамен укрепительных полос (рисунок 1.62) или *валики из асфальтобетона* в случае, когда дорожная одежда имеет асфальтобетонное покрытие (рисунок 1.63). Вода из таких лотков на участках вогнутых кривых отводится по откосу насыпи с помощью специальных сооружений (быстротоков, перепадов и т. п.).

Прикромочные лотки устраиваются на стыке кромки проезжей части и обочины, при этом обочине придается уклон в сторону проезжей части. Их конструкция выполняется монолитной или из сборных элементов различного поперечного сечения. Наибольшее распространение получили типовые сборные прикромочные лотки треугольного поперечного сечения (рисунок 1.64 а, б). Для удобства установки в процессе строительства в ряде случаев выпускаются прикромочные лотки треугольного поперечного сечения с выступами (рисунок 1.64, в). Кроме типовых прикромочных конструкций на

автомобильных дорогах применяются водосборные лотки эллипсоидного (рисунок 1.64, *з*), круглого (рисунок 1.64, *д*, *е*), прямоугольного (рисунок 1.65, *а*) и трапециевидного (рисунок 1.65, *б*) поперечных сечений. В ряде случаев для повышения пропускной способности в прикромочных лотках через определенные расстояния устанавливаются дождеприемные колодцы.

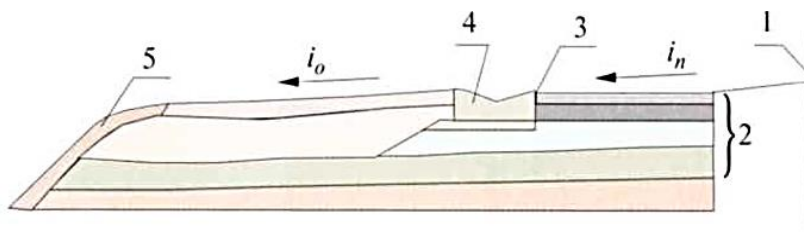


Рисунок 1.62 – Схема расположения прикромочных лотков [55]:

- 1 – ось дороги; 2 – дорожная одежда; 3 – кромка проезжей части;  
4 – прикромочный лоток; 5 – бровка земляного полотна

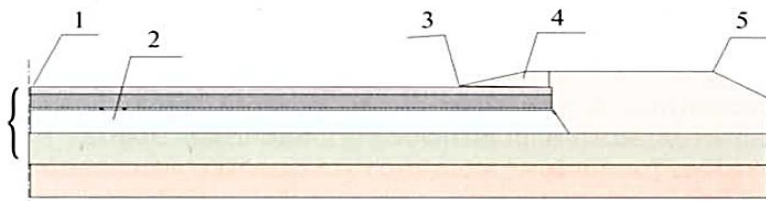


Рисунок 1.63 – Схема устройства валиков из асфальтобетона [55]:

- 1 – ось дороги; 2 – дорожная одежда с асфальтобетонным покрытием;  
3 – кромка проезжей части; 4 – валик из асфальтобетона; 5 – бровка земляного полотна

Дорожные канавы делятся на боковые (кюветы), водоотводные и нагорные (см. рисунки 1.61, 1.66). *Кюветы* предназначены для отвода воды, стекающей с проезжей части, обочин и откосов земляного полотна.

*Водоотводные канавы* проектируются в случае пересечения автомобильной дорогой замкнутых понижений местности для отвода воды (выполнения поверхностного стока) из этого замкнутого понижения в ближайший водоток. Выпуск воды из кювета предусматривается в таком случае в пониженные места или в естественные водотоки. Если таких условий нет, то могут проектироваться *испарительные бассейны* (рисунок 1.67) или *поглощающие колодцы* (рисунок 1.68). Для устройства *испарительных бассейнов* используются пониженные места местности, резервы грунта, карьеры. Вместимость испарительного бассейна достигает 200–300 м<sup>3</sup>.

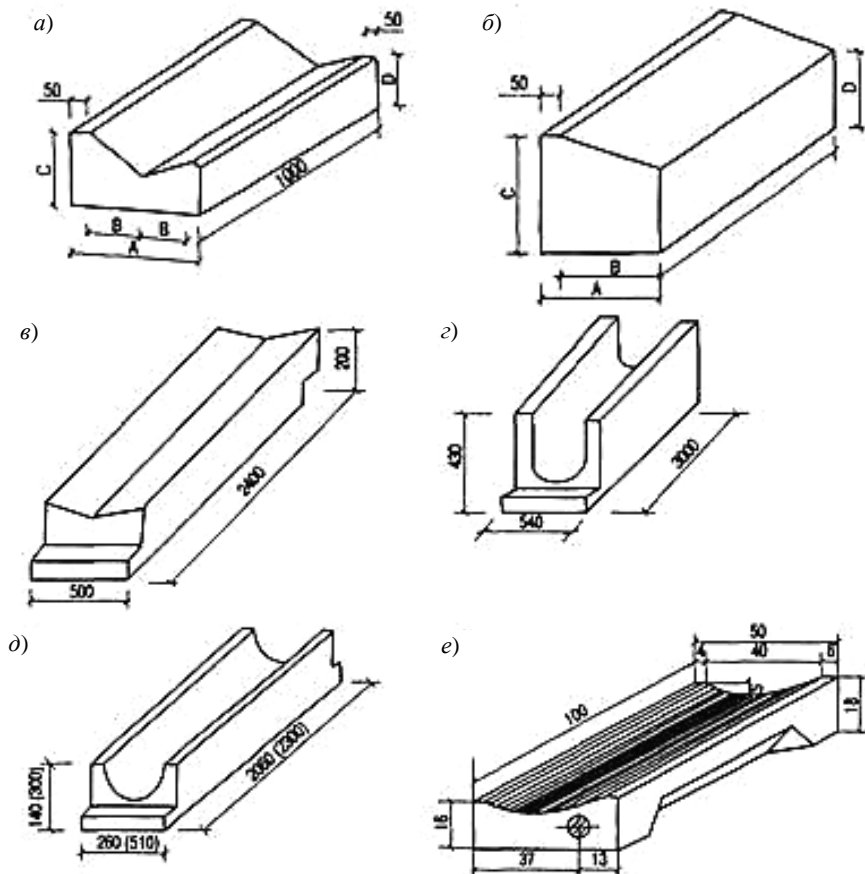


Рисунок 1.64 – Прикромочные водосборные лотки.

Типовые блоки поперечного сечения:

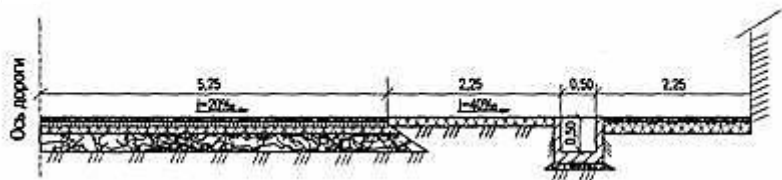
а, б – треугольного; в – треугольного с выступами; г – эллипсоидного; д, е – круглого

Поглощающие колодцы устраивают при наличии на глубине 1,5–2,0 м от поверхности земли хорошо дренирующих грунтов (крупнозернистые пески, гравий). Они располагаются не ближе 10 м от подошвы насыпи.

При прохождении автомобильной дороги по охранной зоне рек, водоемов, по территории курортных зон предусматривается очистка поступающей в них воды. Для этой цели устраивают взамен кювета *фильтрационные канавы* с дренажной трубкой, расположенной под слоем фильтрующего материала (рисунок 1.69). Фильтрационная канава располагается на рассто-

янии не менее 6 м от бровки земляного полотна. Остаток воды с фильтрационной канавы отводится в *фильтрационный бассейн* для дальнейшей очистки (рисунок 1.70). Дно фильтрационного бассейна имеет травяной покров. Верхний слой грунта, расположенный над водоотводной дренажной трубой, должен иметь коэффициент фильтрации не менее 25 м/сут.

а)



б)

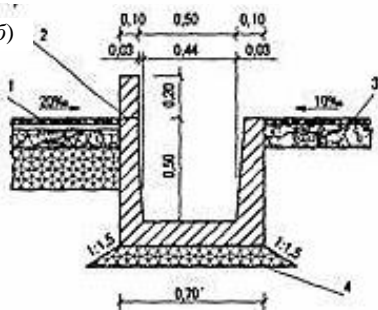


Рисунок 1.65 – Система организации поверхностного водоотвода с водосборными лотками поперечного сечения:

- а – прямоугольного; б – трапециoidalного;  
1 – проезжая часть;  
2 – прорези по 20 см через 1 м; 3 – тротуар;  
4 – основание из гравийного материала

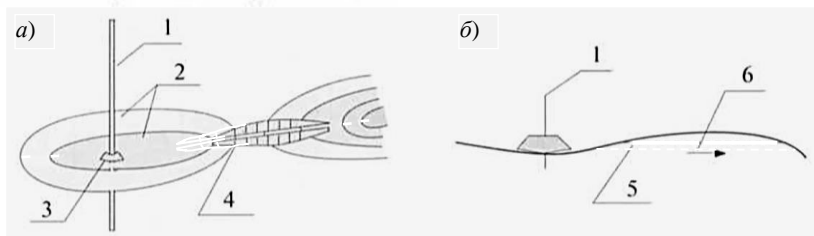


Рисунок 1.66 – Отвод воды от дороги [55]:

- а – план; б – продольный профиль; 1 – трасса дороги; 2 – горизонтали замкнутого понижения;  
3 – водопропускная труба; 4 – водоотводная канава; 5 – дно канавы;  
6 – направление течения воды

Значительно упрощается строительство дренажей при применении взамен керамических дренажных трубок перфорированных труб из полихлорвинила и геотекстильных материалов (рисунок 1.71). Геотекстильный материал предотвращает попадание пылеватых частиц вместе с водой в дренажную трубку.

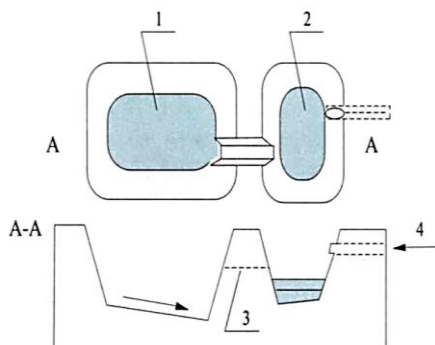


Рисунок 1.67 – Схема испарительного бассейна [55]:

- 1 – испарительный бассейн; 2 – отстойник;  
3 – перепускная канавка;  
4 – ввод поверхностной воды

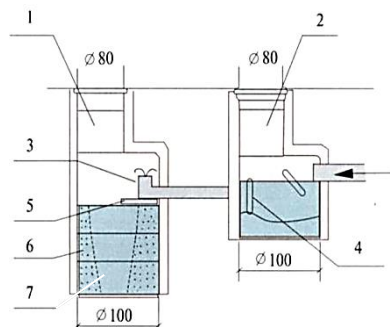


Рисунок 1.68 – Схема поглощающего колодца с отстойником [55]:

- 1 – поглощающий колодец; 2 – отстойник;  
3 – перепускная труба; 4 – решетка;  
5 – защитная полка; 6 – слой из фильтрующего материала; 7 – водопроницаемый грунт

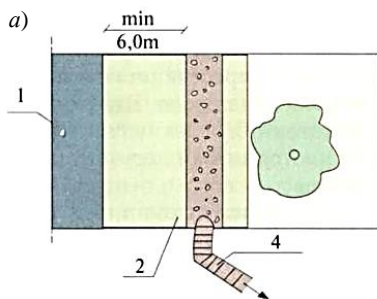


Рисунок 1.69 – Схема устройства фильтрационной канавы [55]:  
а – план; б – поперечный профиль; 1 – кромка проезжей части; 2 – откос, укрепленный засевом трав; 3 – дренажная трубка; 4 – выпуск к отстойнику

*Капиллярпрерывающие прослойки* устраиваются в невысокой насыпи из крупнопористых материалов (гравий, крупнозернистый песок) или геотекстиля. *Изолирующие прослойки* также располагаются в невысокой насыпи и состоят из водонепроницаемых материалов (слой грунта, обработанного битумом). Капиллярпрерывающие и изолирующие прослойки препятствуют поступлению в зону промерзания грунта рабочего слоя земляного полотна грунтовой или длительно стоящей поверхностной воды зимой вверх.

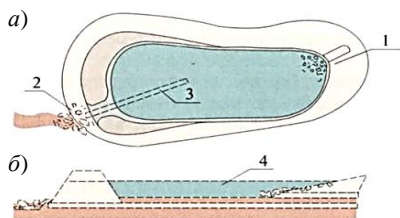


Рисунок 1.70 – Схема фильтрационного бассейна [55]:

*a* – план; *б* – продольный разрез: 1 – вход воды; 2 – наброска камня; 3 – водоотводная дренажная трубка; 4 – уровень воды

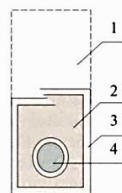


Рисунок 1.71 – Схема понижающего дренажа с применением геотекстиля [55]:

1 – грунт; 2 – щебень; 3 – геотекстиль; 4 – дренажная трубка

### 1.7.5 Защита земляного полотна от эрозии

Защита земляного полотна от эрозии представляет собой совокупность мероприятий, направленных на повышение устойчивости земляного полотна к разрушающему действию воды (водная эрозия) и ветра (ветровая эрозия). Наиболее подвержены действию эрозии откосы земляного полотна. Выпадающие атмосферные осадки стекают с поверхности дороги по откосам, унося за собой частицы грунта и тем самым постепенно разрушая его. Значительные разрушения может произвести вода, текущая вдоль полотна у самой подошвы откоса. Размыв грунта и подмыв откоса могут вызвать обрушение лежащего выше слоя грунта (обрушение откосов). Для предотвращения повреждения откосов поверхностными водами, ветром, а также для повышения устойчивости насыпи на слабых грунтах предусматривают различные мероприятия по ее укреплению: закрепление склонов древесно-кустарниковой растительностью, засев откоса травами; одерновку (в клетку, плашмя, в стенку, в плетень), хворостяные и фашинные укрепления; мощение камнем (одиночное, двойное, в плетневых клетках), каменные отсыпи и наброски разных видов, габионы, каменную и бетонную кладку, обработку грунта вяжущими, уплотнение откосов насыпи, решетчатых конструкций и др. (рисунок 1.72). Выбор типа укрепления зависит от конструкции земляного полотна, интенсивности размывающего действия воды и наличия местных материалов для укрепления [34].

*Засев откосов травами* может производиться для насыпей высотой не более 5 м и крутизне откосов не более 1:1,5. Откосы земляного полотна обычно покрывают слоем растительного грунта толщиной не менее 10 см. Такое их укрепление называется плакировкой (рисунок 1.72, *a*). Для одерновки используют плотный луговой дерн с густой растительностью и низкой травой. Одерновку откосов следует производить в сырую погоду. Дерн нарезают плитками шириной 20–25 см, длиной 30–60 см и толщиной

не менее 6 см; он может нарезаться и рулонами длиной 1,5–2,5 м, шириной 25–30 см (рисунок 1.72, б).

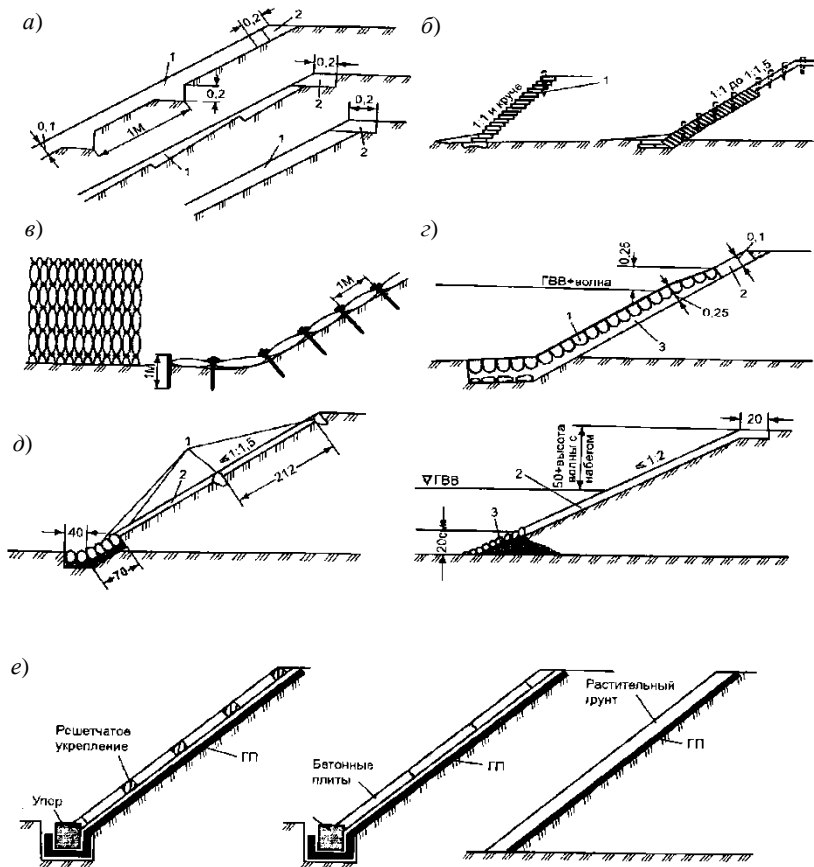


Рисунок 1.72 – Защита земляного полотна от эрозии [34]:

- a* – плакировкой откосов (1 – растительный грунт, 2 – дерн); *б* – одерновкой в стенку (1 – деревянные спицы длиной 0,3–0,4 м); *в* – укладкой fascин врасстилку; *г* – укреплением откоса одиночным мощением на мху (1 – камень, 2 – дерн, 3 – мох 5 см или щебень 15 см); *д* – укреплением откоса слоем асфальтобетона (1 – мощение камнем 20 см на слое щебня 15 см, 2 – мелкозернистый асфальтобетон 6–10 см, 3 – дренажные окна из щебня через 10–20 м); *е* – укреплением откосов с использованием геотекстильных прокладок

Хворостяные и fascинные укрепления откосов могут применяться как в качестве легкого типа укрепления (хворостяные выстилки), так и тяжелого для затопляемых откосов (рисунок 1.72, в). В качестве хвороста для fascин приме-



няют ветки и побеги деревьев и кустарников (ивы, вербы, лозы, тополя) толщиной в комле до 3,5 см и длиной 1,5–2 м. *Одинокое мощение* производится на слое мха или соломы толщиной 5–7 см, который препятствует выносу грунта водой через промежутки между камнями (см. рисунок 1.72, з). Мощение обычно производят на слое щебня или гравия толщиной 10–14 см. Материал для него должен обладать свойствами неразмываемости и морозостойчивости. *Двойное мощение* устраивают на том же основании, что и одинокое, но в два слоя. Для нижнего слоя применяют камень размером 15–20 см, а для верхнего – 20–30 см. Мощение или каменная наброска в плетневых клетках принимается при скоростях течения от 3 до 5 м/с, причем одинокое мощение в плетневых клетках применяют при скорости 3–3,75 м/с, двойное – до 5 м/с.

*Каменная и бетонная кладка* применяется для предохранения откосов, выемок и насыпей от выветривания горных пород, а также от воздействия воды, текущей вдоль полотна со скоростью 2–6 м/с, воздействия волн и льда на откосы у мостов и других искусственных сооружений. Бетонные плиты укладывают тремя способами: с зазором между ними 1 см, соединенными между собой гибкими связями (стержни, кольца) и монолитно. Плиты на откосах укладывают на слой гравия или щебня толщиной 10–20 см. Для укрепления откосов применяют типовые плиты размером 49х49х(8–16) или 100х100х(16–32) см. Каменная и бетонная кладка применяется в качестве одевающих стенок для предохранения от разрушения откосов выемок. Ввиду того, что стенки являются защитными, а не подпорными, то их толщина при каменной кладке равна 35 см, а при бетонной – 20 см.

*Обработка грунта вяжущими* используется в тех случаях, когда откос грунта помимо прочности на размыв должен обладать и водонепроницаемостью. Верхний слой грунта откоса обрабатывается органическими вяжущими (5–7 % по весу грунта) на глубину 7–10 см. В качестве вяжущего могут применяться жидкий битум, разжиженные дегти, мазуты, а также слой асфальтобетона по уплотненному грунту или более прочному слою (см. рисунок 1.72, д). Выбор типа укрепления зависит от интенсивности действия природных факторов на откос и наличия местных материалов.

Современные способы предотвращения эрозии откосов основаны на их химической стабилизации с использованием водных эмульсий полимеров, а также на создании всходозащитных матов, изготавливаемых из различных видов природных волокон. В тех случаях, когда засев откосов растениями не предотвращает эрозию откосов, применяют синтетические маты, которые обеспечивают постоянное армирование откоса, даже после роста растений, засеянных на нем. Хорошие результаты дает применение шпуночных бетонных плит, тканевые маты и др., полость которых заполняют цементным раствором, устройство террас из грунта, укрепленного цементом. Для улучшения водоотвода из земляных масс применяют геосетки в сочетании со слоями геотекстиля (см. рисунок 1.72, е).

## 1.8 Зимнее содержание автомобильных дорог

### 1.8.1 Снегоперенос, снегопринос и снеготранспортируемость дорог

Сложную обстановку на автомобильных дорогах в зимний период создают снежные метели, т. е. под действием ветра снежные частицы поднимаются над покровом и опять откладываются на тех участках, где скорость ветра снижается. Снегоперенос рыхлого снега начинается при скорости ветра более 3 м/с. Переносимые метелью частицы имеют различную форму и размеры (от 0,1 до 0,25 мм), масса которых колеблется в пределах от 0,0001 до 0,005 г. Частицы снега поднимаются только до определенной высоты, которая называется *потолком взвешивания*. **Теория снегопереноса** основывается на положении: *если подъемная сила ветра превышает сумму силы тяжести частицы, а также сил трения и сцепления между частицами, то снегоперенос будет иметь место*. По признаку метелевых отложений выделены метели:

- *верховая* – выпадение снега при слабом ветре 2–3 м/с без перемещения по поверхности снежного покрова ранее выпавшего снега;

- *низовая* – перенос ветром частиц ранее выпавшего снега с поднятием снежных частиц над поверхностью снежного покрова до нескольких метров. Такая метель наблюдается при ветре достаточной силы (более 5 м/с) и сухом состоянии поверхности снежного покрова;

- *общая* – одновременное выпадение снега из облаков и перемещение ветром уже упавших снежинок;

- *поземка* – перенос ветром частиц ранее выпавшего снега непосредственно по поверхности снежного покрова без выпадения снега из облаков, при этом высота поднятия снега над уровнем снежного покрова составляет до 0,5 м;

- *буря* – перенос снега при скорости ветра более 30 м/с.

Движение снега при низовой метели происходит при толщине покрова более 10 см и отсутствия ледяной корки, при этом подъемная сила ветра зависит от его скорости. Количество снега, переносимого низовой метелью, определяется параметром – *удельным твердым расходом метели*, – массой снега, переносимого в единицу времени через единицу площади вертикальной плоскости, перпендикулярной направлению снеговетрового потока. Удельный твердый расход метели является расчетной величиной [44]:

$$K = C v_{\phi}^3, \quad (1.26)$$

где  $C$  – коэффициент пропорциональности, значение которого зависит от плотности снега в метелевых сугробах;  $v_{\phi}$  – скорость ветра на высоте 10 м, м/с.

*Снегопереносом* называют массу или объем снега, перенесенного за время  $t$  [44]:

$$Q_{\text{пер}} = C v_{\phi}^3 t, \quad (1.27)$$

*Снегопринос* представляет собой количество снега, приносимого метелями к одной стороне дороги в течение зимы. Объем снегоприноса, как правило, составляет только часть общего объема переносимого снега, поэтому он определяется произведением снегопереноса на функцию синуса угла между направлением метели и автомобильной дороги.

Количество снега, приносимого метелями к одной стороне дороги в течение зимы, зависит от числа и продолжительности метелей, скорости ветра, угла между направлением ветра и дорогой во время метели и др. Общий объем снегоприноса к дороге является расчетной величиной [44]:

$$Q_{\text{пр}} = \frac{2,9 \cdot 10^4}{\rho_c} \sum_{i=1}^n \sum_{l=1}^m (v_{\phi} - 5)^3 \sin \alpha_i t_{mi}, \quad (1.28)$$

где  $\rho_c$  – плотность снега в снежных отложениях у дороги, т/м<sup>3</sup>;  $n$  – число метелей в течение зимы;  $m$  – число случаев изменения направлений, с которых дули ветры в каждую метель;  $v_{\phi}$  – скорость ветра по флюгеру во время метели, м/с;  $\alpha_i$  – угол между направлением ветра и дорогой во время метели;  $t_{mi}$  – продолжительность действия метелей, ч.

Под *снегозаносимостью* понимают подверженность дорог образованию на них снежных заносов. Количественной характеристикой снегозаносимости является отношение количества снега, отложившегося на дорожном полотне, к общему количеству снега, принесенного метелями к дороге.

Снег из снеговетрового потока выпадает там, где по каким-либо причинам происходит снижение скорости потока и уменьшение транспортирующей способности в приземном слое. Чем сильнее тормозится ветер у какой-либо преграды, тем вероятнее снежные отложения. *На принципе замедления скорости и уплотнения транспортирующей способности снеговетрового потока основана работа снегозадерживающих устройств.*

Образование снеговых отложений около насыпей, выемок и на косогорных участках дорог связано с образованием *зон затишья* – аэродинамическая тень, в которой откладывается большая часть переносимого снега, около откосов и завихрений у резко выраженных переломов откосов (рисунок 1.73). Если к дороге за зиму приносится меньше снега, чем может отложиться в пределах *зоны аэродинамических теней* у откосов насыпей или на откосах выемок, участок дороги можно считать незаносимым. Однако этот вывод справедлив только при условии, что снеговые валы, образующиеся по краям дороги, удаляются своевременно при очистке дороги путем отбрасывания снегоочистителями на придорожную полосу. В противном случае они образуют препятствия, у которых возникают новые отложения снега.

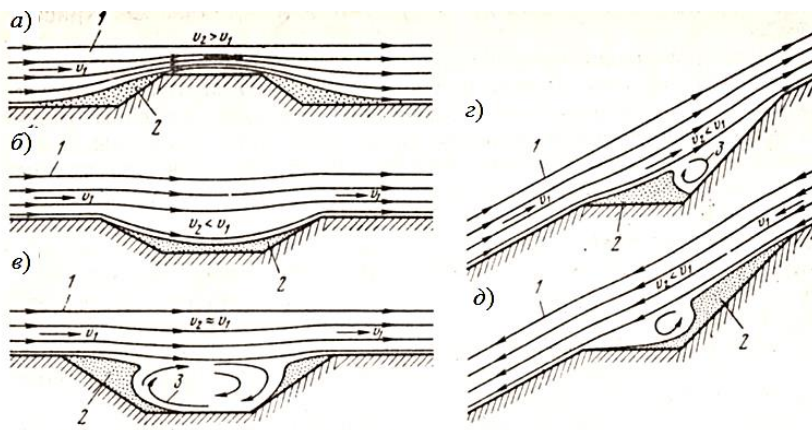


Рисунок 1.73 – Схемы образования снеговых отложений при обтекании земляного полотна снеговетровым потоком [38]:

*а* – насыпь; *б* – мелкая выемка; *в* – глубокая выемка; *г* – полка на наветренном косогоре; *д* – полка на подветренном косогоре; 1 – снеговетровой поток; 2 – зона отложения снега; 3 – зона выдувания снега

**Система мероприятий по зимнему содержанию дорог** должна решать следующие две задачи: обеспечение наилучших условий для движения автомобилей, а также ускорение, удешевление и упрощение процесса зимнего содержания. Для решения этих задач при зимнем содержании должны быть реализованы мероприятия [44]:

- *профилактические*, цель которых не допустить или ослабить образование снежных и ледяных отложений на дороге. К ним относятся: уменьшение снеговязимости дорог, профилактическую обработку покрытий химическими противогололедными реагентами и т.п.;

- *защитные*, с помощью которых преграждают доступ к дороге снега и льда, поступающего с прилегающей местности, например: применение защиты от метелевого переноса и др.;

- *по удалению уже возникших снежных и ледяных отложений*, например: очистка дорог от снега и льда;

- *по уменьшению их воздействия на движение автомобилей*: обработка обледеневшей поверхности дороги материалами, повышающими коэффициент сцепления шин с дорогой.

### 1.8.2 Общая характеристика работы снегозадерживающих устройств

По принципу работы снегозадерживающие устройства подразделяются:

- на сплошные (глухие) преграды;
- преграды с просветами (решетчатые).

На возникновение вихревых зон около препятствий при прохождении ветрового потока и соответственно на форму и объем задерживаемых отложений большое влияние оказывают такие параметры, как проницаемость и просветность снегозащитных преград, характеризующие снегоулавливающие свойства преград [44]. *Проницаемость* преграды оценивают соответствующим коэффициентом

$$\delta = \frac{v_1}{v_2}, \quad (1.29)$$

где  $v_1$ ,  $v_2$  – средняя скорость ветра соответственно за преградой и на подходах к преграде, м/с.

*Степень просветности* преграды оценивают коэффициентом

$$\gamma = \frac{S_1}{S_2}, \quad (1.30)$$

где  $S_1$  и  $S_2$  – площади просветов и общая площадь преграды, м<sup>2</sup>.

Для сплошных (глухих) преград данные коэффициенты равны нулю.

Обратные течения воздуха в вихревых зонах сгоняют снег к преграде, которая заносится с образованием обтекаемой поверхности отложившегося снега. За сплошной преградой формируется мощная вихревая зона (рисунок 1.74, а, I). При значениях коэффициента просветности  $\gamma = 0,4 \dots 0,5$  вихревая зона за решетчатыми устройствами практически отсутствует, а снежный вал за такой преградой растянут значительно больше, чем за сплошной (рисунок 1.74, б, I).

У сплошных преград снег сначала откладывается с наветренной стороны. При достижении высоты вала, равной 2/3 высоты преграды, снег начинает откладываться с подветренной стороны. Когда высота отложений достигнет высоты преграды, поток свободно обтекает препятствие – преграда не действует (рисунок 1.74, а, II–IV).

У преграды с просветностью снег вначале задерживается в виде слоя высотой около 15 см с наветренной стороны. Далее снеговетровой поток, проходя с повышенной скоростью через просветы, пронесит снег за преградой, где скорость ветра внезапно снижается и возникают снегоотложения. В дальнейшем происходит одновременное образование снежного вала с обеих сторон до полного прекращения работы преграды (рисунок 1.74, б, II–IV).

Поскольку длина снегоотложений у преград с просветами больше, чем у сплошных преград, они задерживают большее количество снега. Объем снегоотложений при полном прекращении работы преграды называется *снегоемкостью защиты*. Он является расчетной величиной [44]:

$$Q = (1 + n) H^2, \quad (1.31)$$

где  $n$  – коэффициент, для сплошных преград  $n = 7 \dots 9$ , для преград с просветностью  $n = 8 \dots 12$ ;  $H$  – высота преграды, м.

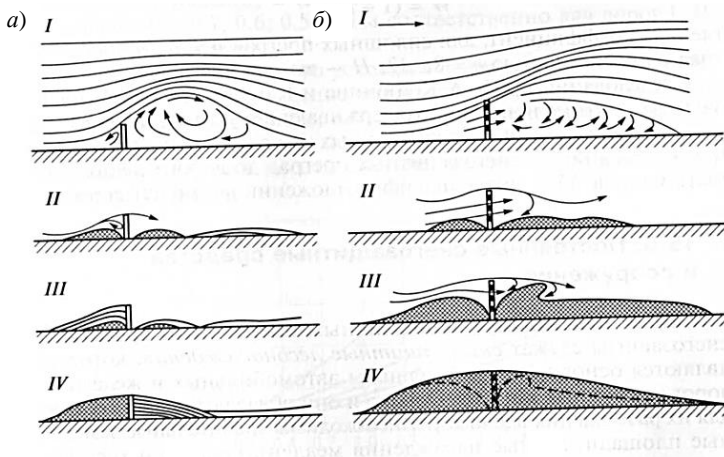


Рисунок 1.74 – Работа снегозадерживающих устройств [44]:

$a$  – сплошное;  $b$  – решетчатое; I – направление ветровых струй; II – первые отложения снега; III – окончание активного периода работы заборов; IV – заборы занесены снегом и больше не работают

Исследования, проведенные в странах со сложными климатическими условиями в зимний период (Канада, Норвегия, Швеция), показали, что оптимальные снегозадерживающие устройства должны быть проницаемыми без завихренных зон с просветностью 0,4–0,5, при этом расстояние от снегозащитных преград до автомобильной дороги не должно быть меньше  $15H$ , иначе шлейфы отложений ее достигнут.

### 1.8.3 Защита автомобильных дорог от снежных заносов

Снежные отложения на дороге образуются в результате прохождения снегопадов или метелей. Отложения от спокойных снегопадов<sup>1)</sup> имеют в основном высоту 5–10 см, реже доходят до 35 см. Снегоотложения от метелевого переноса снега могут достигать большой высоты, измеряемой метрами. Величина снегоотложений зависит от объема снегоприноса. Наибольшую опасность представляют метелевые снегоотложения.

<sup>1)</sup> Спокойный снегопад – выпадение снега происходит из облаков без переноса ветром частиц ранее выпавшего снега по поверхности снежного покрова.

Все мероприятия, обеспечивающие снегонезаносимость дорог во время метелей, основываются, как правило, на прогнозе возможных объемов снегоприноса к снегонезаносимым участкам дороги за зимний период, за одну метель и возможных объемов снегоотложений на конец зимнего периода.

Заносимые снежными отложениями участки дорог можно защитить следующими способами (по принципу воздействия):

1) задержание переносимого метелью снега на подступах к дороге и вызов образования снежных отложений на безопасном для дороги расстоянии или на заранее подготовленном месте (лесонасаждения, аккумуляционные полки в выемках, снегозадерживающие заборы, снежные траншеи, валы и стенки, деревянные переносные щиты и др.);

2) увеличение скорости снеговетрового потока над дорогой и предотвращение снежных отложений на дороге (снегопредувающие заборы);

3) полное укрытие полотна автомобильной дороги от снега с помощью специальных сооружений (снегоизолирующие сооружения: навесы, галереи).

Мероприятия по защите автомобильных дорог от снежных заносов или уменьшению заносимости разрабатывают после выявления причин образования снежных заносов и осуществляют в первую очередь на сильнозаносимых, а затем и на участках других категорий.

По продолжительности службы снегозащитные сооружения и устройства подразделяются [34]:

– на постоянные, устраиваемые при строительстве, реконструкции или ремонте дороги на весь срок ее службы. К ним относятся: лесонасаждения, совершенствование формы и параметров земляного полотна, аккумуляционные полки в выемках, железобетонные или деревянные снегозадерживающие и снегопредувающие заборы (последние в Республике Беларусь не используются), снегоизолирующие сооружения (навесы, галереи).

– временные, которые ежегодно устраивают осенью или в начале зимы: снежные траншеи, валы и стенки, деревянные переносные щиты, сетки и ленты из полимерных или бумажных материалов.

Наиболее надежным и экологически оправданным видом защиты снегозадерживающего действия являются *лесонасаждения*, однако они обладают некоторыми недостатками: для их размещения вдоль дорог необходимы значительные земельные площади; лесные насаждения медленно растут и требуют постоянного ухода.

Различают следующие виды снегозащитных лесонасаждений: одно- и двухрядные живые изгороди, многорядные лесные полосы и кулисные лесонасаждения.

*Живые изгороди* создают из одной породы кустарников или низкорослых деревьев, которые легко переносят стрижку для придания ряду кустарников определенной формы. При большом протяжении живой изго-

роди через некоторый промежуток одну породу кустарников или деревьев заменяют другой, чтобы избежать массового поражения грибковыми заболеваниями или вредными насекомыми, а также монотонного вида изгороди. Различают живые изгороди *однополосные однорядные, однополосные двухрядные и двухполосные четырехрядные*.

Мероприятия по защите автомобильных дорог от снежных заносов планируются в зависимости от категорий снеготаносимости земляного полотна автомобильных дорог, приведенных в таблице 1.19.

Таблица 1.19 – Категории снеготаносимости земляного полотна автомобильных дорог [63]

Категории снеготаносимости земляного полотна	Характеристика элементов поперечного профиля земляного полотна и снеготаносимости снегозащиты	Очередность создания снегозащиты
I – сильнозаносимые	Выемки глубиной до 2 м. Постоянные средства снегозащиты, снеготаносимость которых меньше объема снегоприноса за одну метель $Q_M$	В первую очередь
II – среднетаносимые	Нулевые места и насыпи, высота которых меньше расчетной высоты снежного покрова $h_c$ . Постоянные средства снегозащиты и подветренные откосы выемок, снеготаносимость которых больше $Q_M$ , но меньше среднего объема снегоприноса $Q_{cp}$	Во вторую очередь
III – слаботаносимые	Насыпи высотой больше $h_c$ , но меньше высоты незаносимой снегом насыпи $h_n$ . Нулевые места и выемки, разделанные под насыпь. Постоянные средства снегозащиты и подветренные откосы выемок, снеготаносимость которых больше $Q_{cp}$ , но меньше максимального объема снегоприноса $Q_{сн}$ . Насыпи с металлическими барьерными ограждениями, в т.ч. снеготаносимые	В третью очередь
IV – незаносимые	Насыпи, высота которых больше $h_n$ . Постоянные средства снегозащиты и подветренные откосы выемок, снеготаносимость которых больше $Q_{сн}$	Защиту не предусматривают

Опыт зимней эксплуатации автомобильных дорог во многих странах показывает, что практически снегоемкость однорядных живых изгородей составляет от 25 до 40 м<sup>3</sup>/м длины, двухрядных – около 50 м<sup>3</sup>/м длины и двухполосных четырехрядных – до 100 м<sup>3</sup>/м длины.



Надежность работы любого снегозащитного сооружения определяют отношением его снегоемкости к максимальному объему снегоприноса к ограждаемой стороне дороги относится к расчетным величинам [43]:

$$N = \frac{Q_{з.с.}}{Q_{\max}}, \quad (1.32)$$

где  $Q_{з.с.}$  – снегоемкость защитного сооружения в виде лесонасаждения,  $\text{м}^3/\text{м}$  длины;  $Q_{\max}$  – максимальный объем снегоприноса к ограждаемой стороне автомобильной дороги,  $\text{м}^3/\text{м}$  длины.

Если выполняется условие  $N > 1$ , то считается, что участок полностью защищен от снежных заносов.

Снегоемкость однополосных однорядных живых изгородей из кустарников составляет

$$Q_{з.с.11} = 7H^2. \quad (1.33)$$

Снегоемкость однополосных двухрядных изгородей

$$Q_{з.с.12} = 7H^2 + 0,8Hb, \quad (1.34)$$

где  $H$  – высота деревьев, м;  $b$  – расстояние между рядами, обычно принимают от 2 до 3 м.

*Снегозащитная лесная полоса* представляет собой преграду для снеговетрового потока, состоящую из нескольких рядов деревьев и двухрядной кустарниковой опушки, размещенных параллельно дороге на определенных расстояниях. Общее число рядов в лесной полосе составляет, как правило, от 4 до 9. Лесные полосы формируют из нескольких групп растений [43]:

- низких кустарников высотой до 2 м;
- высоких кустарников высотой до 4 м;
- низкокронных деревьев высотой до 15 м;
- высококронных деревьев высотой до 25 м.

В поперечном профиле лесная полоса обычно устраивается обтекаемой: с наветренной стороны высота деревьев плавно увеличивается, а с подветренной – резко уменьшается. Снегозадерживающая способность и снегоемкость зависят от ширины лесополос и высоты деревьев. Чем выше деревья и больше их плотность, тем больше отлагается снега в лесополосе. Однако при высоте снежных отложений более 2,5 м в лесополосах деревья и кустарники начинают ломаться под тяжестью снега. Чтобы полностью задерживать снег, приносимый к дороге, лесополоса должна иметь ширину [43]:

$$B = \frac{Q_{\max}}{h_{\text{ср}}} - 8h_{\text{ср}}, \quad (1.35)$$

где  $h_{\text{ср}}$  – средняя высота снегоотложений в лесополосе, как правило, принимают  $h_{\text{ср}} = 2,5$  м.

При большой длине снегозащитной полосы, создаваемой на сельскохозяйственных угодьях, необходимо предусматривать технологические разрывы по 10–15 м через каждые 800–1000 м для прохода сельскохозяйственных машин. В случаях, когда существующая снегозащитная полоса не удовлетворяет нормам по конструкции, составу пород, размещению либо другим признакам и в результате не выполняет свои снегозащитные функции, необходимо предусмотреть мероприятия по ее усилению путем увеличения ширины или создания дополнительных полос. Создание новых снегозащитных насаждений и посадка дополнительных лесных полос осуществляются по специальным проектам, а поддержание работоспособности существующих посадок осуществляется рубками ухода. Если снегозащитные лесные полосы не вступили в работу или их применение невозможно по почвенно-климатическим или другим условиям, необходимо использовать снегозащитные устройства или защиты из снега.

*Совершенствование формы и параметров земляного полотна.* Зачастую на стадиях проектирования и строительства нарушаются требования, касающиеся снегозаносимости на участках выемок, поэтому необходимо выполнение следующих видов работ: придание земляному полотну обтекаемого профиля, уменьшение крутизны откосов, поднятие насыпи и др. Для улучшения обтекания земляного полотна снеговетровым потоком, особенно на пересечениях дорог, следует, по возможности, уменьшать количество ограждений, столбиков и других препятствий, задерживающих снег, переносимый метелью.

При производстве работ по уменьшению крутизны откосов исходят из того, что выемки с крутыми откосами незаносимы, если объем снегоприноса к дороге меньше объема снега, который может разместиться на подветренном откосе выемки. Условие незаносимости выемок с крутыми откосами имеет следующий вид:

$$Q_{от} \geq Q_i + Q_{п}, \quad (1.36)$$

где  $Q_{от}$  – снегоемкость откоса выемки, м<sup>3</sup>/м;  $Q_i$  – объем снега, попадающего на откос при снегопаде, м<sup>3</sup>/м;  $Q_{п}$  – объем снега, поступающего к откосу с поля, м<sup>3</sup>/м.

Как правило, в выемках глубиной от 1 до 6 м уменьшают крутизну откосов от 1:4 до 1:6. Что касается выемок глубиной менее 1 м, то их раскрывают или переделывают под насыпи. Однако следует помнить, что мероприятия по раскрытию выемки является действенным до тех пор, пока ее поперечный профиль не искажается по причине проведения работ по очистке и созданию, таким образом, препятствия для приносимого снега, который уже не может переноситься через выемку без отложений. По указанной причине такие выемки уже подлежат ограждению средствами снегозащиты.

Основными мероприятиями, обеспечивающими снегонезаносимость насыпей, являются их подъем до незаносимой отметки и придание поперечному профилю автомобильной дороги обтекаемого очертания. Для выполнения первого мероприятия необходимо определиться с двумя условиями: повышение скорости снеговетрового потока до значения, обеспечивающего перенос снега через земляное полотно без образования отложений; возвышение насыпи над расчетным уровнем снежного покрова с учетом слоя снега, сбрасываемого с поверхности дороги при снегоочистке. Согласно первому условию высота снегонезаносимой насыпи [44]

$$H_n = H_{p.n} + \Delta H, \quad (1.37)$$

где  $H_n$  – высота снегонезаносимой насыпи, м;  $H_{p.n}$  – расчетная высота снежного покрова (с учетом вероятности превышения на 5 %), м;  $\Delta H$  – возвышение над снежным покровом, обеспечивающее незаносимость насыпи, м.

Для реализации второго условия в последнюю формулу вместо параметра  $\Delta H$  подставляют величину  $\Delta H_{co}$ , обозначающую высоту слоя снега, сбрасываемого с дороги при проведении работ по снегоочистке. Из двух полученных значений высоты снегонезаносимой насыпи принимают большее. На участках автомобильных дорог с выемками глубиной до 6 м, которые проходят по ценным сельскохозяйственным землям, где экономически нецелесообразно размещать вдоль дорог снегозащитные устройства или насаждения, устраивают *полки-резервы* шириной 4 м и более, которые называют *аккумуляционными*. Затем снег удаляют за пределы полок роторными снегоочистителями. При этом необходимо отметить, что снегоемкость откосов выемки уменьшается по направлению от наиболее глубокого места к входам в выемку. Для того чтобы избежать такого уменьшения снегоемкости откосов, грунт, полученный при разработке выемки, отсыпают в виде *кавальеров*, высота которых нарастает по направлению к входам в выемку.

Выемки на кривых в плане отличаются сильной снегозаносимостью, поэтому для ее снижения и улучшения условий движения в выемках с радиусами закруглений до 300 м срезают внутренний откос.

Одним из видов постоянных средств защиты от снегозаносов являются *снегозадерживающие заборы*. Объем снега, который может задержать такой забор, зависит в первую очередь от его высоты, которую в свою очередь определяют исходя из объема снегоприноса к дороге. Таким образом, необходимая высота забора

$$H_3 = 0,34\sqrt{Q_{\max}} + H_n, \quad (1.38)$$

где  $Q_{\max}$  – максимальный объем снегоприноса к ограждаемой стороне автомобильной дороги, м<sup>3</sup>/м длины;  $H_n$  – средняя многолетняя наибольшая высота снежного покрова в данной местности.

Если в соответствии с расчетом требуется установка заборов высотой 5 м и более, то вместо него, исходя из технико-экономических соображений, устраивают несколько рядов заборов. Существует следующая формула для расчета снегосборной способности заборов, поставленных в несколько рядов [44]:

$$Q_3 = \alpha(n-1)H_3 l + K_1 H_3^2, \quad (1.39)$$

где  $\alpha$  – коэффициент, характеризующий степень заполнения снегом пространства между рядами заборов, принимается, как правило,  $\alpha = 0,8$ ;  $n$  – число рядов заборов, шт.;  $l$  – расстояние между рядами заборов, м, принимается  $l = 30H_3$ ;  $K_1$  – эмпирический коэффициент, принимается равным 8.

Снегозадерживающие заборы бывают двухпанельные с просветностью решетки 50 % и однопанельные с просветностью решетки 70 % [44]. Вид заборов с основными размерами представлен на рисунке 1.75.

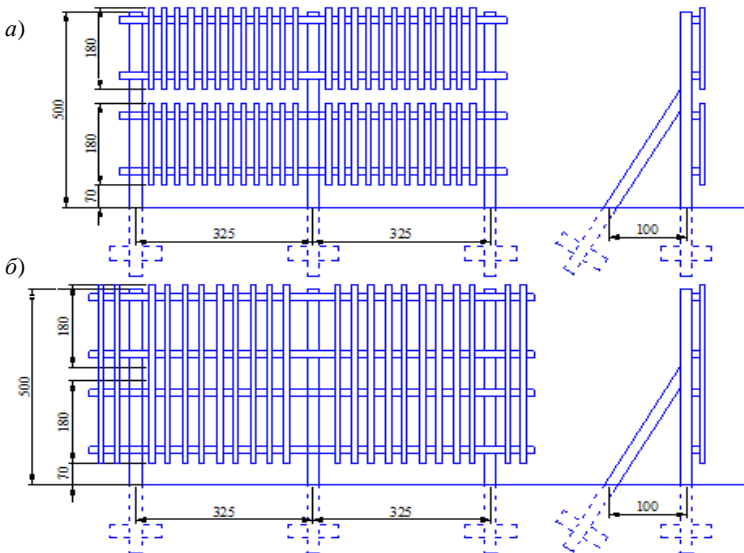


Рисунок 1.75 – Снегозащитные заборы (размеры даны в см) [44]:  
а – двухпанельные; б – однопанельные

Железобетонные снегозадерживающие заборы долговечнее деревянных и выполняются они из сборных железобетонных элементов (рисунок 1.76).

Для повышения эффективности их работы предусматривают устройство разрывов в обрешетке, так же, как и в заборах, изготовляемых из дерева. Для повышения эффективности защиты автомобильных дорог от снежных

заносов применяют смешанные конструкции, состоящие из железобетонных стоек и деревянных панелей.

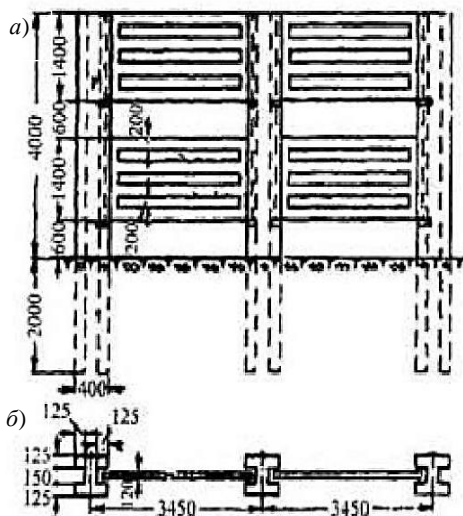


Рисунок 1.76 – Забор железобетонный снегозадерживающий (размеры даны в мм):

*a* – вид спереди; *б* – вид сверху

обеспечивающих изменение просветности снегозадерживающих устройств. На участках с существенным различием величины скорости ветра в зависимости от высоты наиболее целесообразно применение устройств с горизонтальным размещением осей вращения элементов.

Отдельную группу защитных устройств составляют *снегопередающие заборы* (рисунок 1.77). Они представляют собой щитовые устройства постоянного типа с решеткой, через которые снеговетровой поток стремится пройти с повышенной скоростью, при этом снег из потока не выпадает и не откладывается, а переносится через земляное полотно. Чаще всего их применяют в районах с направлением господствующих ветров под углом от 50 до 90° к оси автомобильной дороги и легкоподвижном снеге.

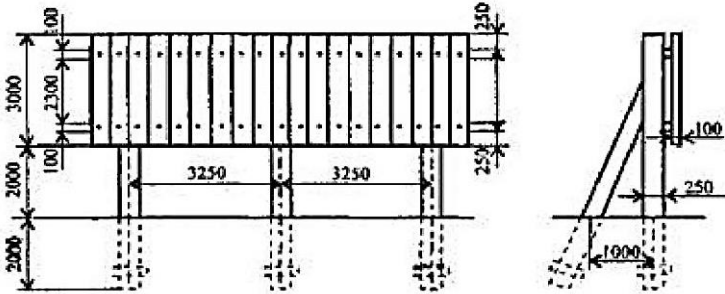
Наиболее эффективны такие заборы в открытой местности, особенно для защиты неглубоких выемок до 5 м, низких насыпей, нулевых участков и полувыемок-полунасыпей на косогорах, если уклон косогора не превышает 45°. Основными параметрами заборов снегопередающего действия, влияющими на их аэродинамические характеристики, являются: общая высота забора, высота продуваемого проема, высота ветронаправляющей панели, угол наклона панели к горизонту, общая высота забора от 5 до 8 м. Заборы

Одним из современных средств защиты автомобильных дорог являются *снегозадерживающие заборы с изменяющейся просветностью*. Снегозадерживающая способность таких сооружений зависит от их геометрических размеров и степени просветности, при этом последняя для обеспечения максимальной снегозадержки должна быть тем меньше, чем больше скорость ветра, переносящего снеговые отложения.

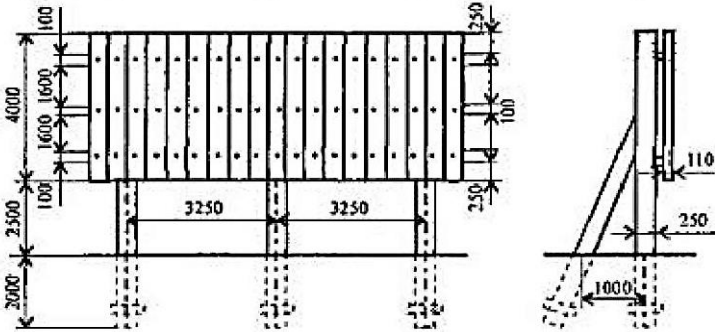
При равной высоте заборы с изменяющейся просветностью задерживают снега значительно больше, чем обычные заборы или щиты с постоянной просветностью. Существуют различные виды и типы устройств,

снегосредующего действия необходимо располагать на расстоянии около 0,8 м от кромки проезжей части. Их выполняют из дерева или делают сборными из железобетона или керамзитобетона (рисунок 1.78).

а)



б)



в)

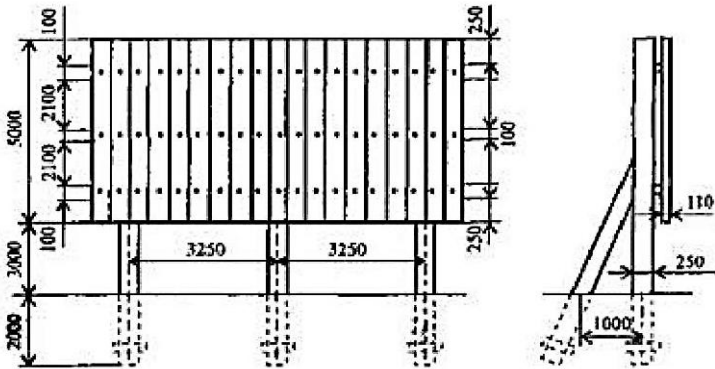


Рисунок 1.77 – Наиболее распространенные типы заборов  
снегосредующего действия (размеры даны в мм):  
а – высотой 5 м; б – высотой 6,5 м; в – высотой 8 м

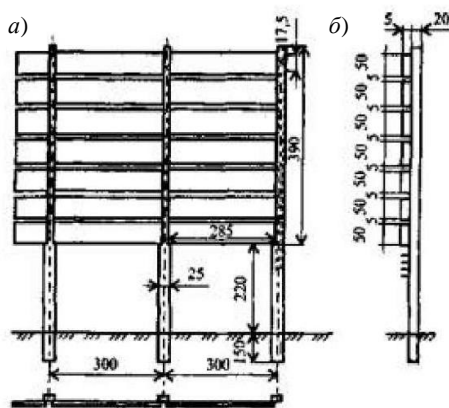


Рисунок 1.78 – Снегопереувающий керамзи-  
тобетонный забор (размеры даны в см):  
а – вид спереди; б – вид сбоку

В случае невозможности размещения на прилегающих к автомобильной дороге землях *постоянных* средств снегозащиты или при невозможности усиления существующих, а также во всех случаях, когда это экономически оправдано, следует использовать *временные* снегозадерживающие устройства. Они могут применяться как самостоятельные устройства для защиты, так и как средства усиления посадок или заборов.

При правильном устройстве и эксплуатации *снежные траншеи* служат эффективным и недорогим средством защиты дорог от заносов. Эффективность снегозадерживающего действия траншейной защиты обеспечивается правильным назначением: количества одновременно закладываемых траншей; расстояния между соседними траншеями; расстояния ближней траншеи от дороги. Траншеи могут применяться как самостоятельное средство защиты, так и в сочетании с другими средствами (насаждениями, заборами, щитами), чтобы усилить снегозадерживающее действие и повысить надежность имеющихся снегозащитных линий.

Наиболее целесообразно применение траншей в равнинной или слабо-пересеченной местности, где рельеф не затрудняет их прокладку. Для обеспечения надежной защиты и максимального задержания переносимого снега необходимо прокладывать с каждой стороны дороги и постоянно иметь в наличии на протяжении всего зимнего периода одновременно следующее количество работоспособных траншей с параметрами [44]:

- не менее 3 при объеме снегопереноса до  $100 \text{ м}^3/\text{м}$ ;
- » 4    »    »                    »    от 100 до  $200 \text{ м}^3/\text{м}$ ;
- » 5    »    »                    »    более  $200 \text{ м}^3/\text{м}$ .

*Снегоизолирующие постоянные сооружения* предназначены для полной защиты от снегопадов и метелей. Конструктивно такую снегозащиту выполняют в виде галерей в горных районах. Для защиты от метелей и снегопадов можно устраивать легкие ограждающие конструкции на наиболее опасных по снеготаносимости участках дорог в виде навесов из полиэтиленовых пленок, надувных навесов или из других легких материалов и конструкций.

Оптимальное расстояние между осями соседних траншей, обеспечивающее их наибольшую снегосборную способность, составляет 12–15 м. Ближайшую к дороге траншею, при отсутствии других средств снегозащиты, размещают не ближе 30 м и не дальше 100 м от бровки дороги. Если траншеи служат дополнительным средством защиты к уже имеющимся средствам, то ближайшую к дороге траншею размещают с полевой стороны имеющихся снегозащитных линий на расстоянии 20–30 м от них. В таком случае в зависимости от объема снегопереноса и состояния устройств снегозащиты количество одновременно закладываемых траншей может быть уменьшено на 1–2 по сравнению с количеством, указанным выше. Эффективность снегозадерживающего действия возрастает с увеличением глубины снежных траншей и высоты снежных валов, образующихся по их краям. Мелкие траншеи представляют собой слабую снегозащиту и после накопления в них снега являются основой для формирования более глубоких траншей. Поэтому после заполнения траншей снегом до половины глубины должно производиться их возобновление проходами машин по старому следу.

Прокладывать и возобновлять траншеи следует по возможности в тихую, безветренную погоду или при слабом ветре, когда перенос снега не препятствует видимости. Эту работу необходимо проводить своевременно, т.к. после заполнения до половины глубины снегозадерживающая способность траншей сильно снижается, что может привести к образованию снежных заносов на автомобильной дороге. При производстве таких работ особенно эффективно использование двухотвальных тракторных снегоочистителей или бульдозеров, которые могут прокладывать траншеи на повышенных скоростях и благодаря этому имеют большую производительность.

В начале зимы при небольшой толщине снежного покрова (меньше 0,2 м) траншеи получаются неглубокими и снегосборная способность их незначительна. В таких случаях вместо траншей следует устраивать *снежные валы*. Технология их устройства заключается в том, что при прокладке траншей снег раздвигается в стороны, на края обрабатываемой полосы, а при устройстве валов – собирается со всей полосы на ее середину. Для устройства снежных валов применяют снегособиратели (риджеры). Снежные валы или стенки устраивают вдоль дороги высотой, как правило, от 0,5 до 0,8 м.

*Переносные щиты*, как средство для защиты от снежных заносов, должны удовлетворять следующим основным требованиям: обладать максимальной снегозадерживающей способностью, обеспечивать наибольшую продолжительность полезной работы между перестановками, иметь возможно меньшую стоимость, не требовать большого расхода материалов, быть достаточно прочными. Для этого необходимо правильно выбрать основные конструктивные параметры: высоту щита, общую просветность (отношение суммарной площади просветов к общей площади), коэффициент распреде-



ления просветности (отношение просветности нижней части щита к просветности верхней части), сечение элементов. Высота щитов – один из основных параметров, от которых зависит их работоспособность. Переносные щиты изготавливают высотой от 1,5 до 2,0 м, причем полутораметровые щиты применяют в районах с объемом снегопереноса до  $100 \text{ м}^3/\text{м}$ , а двухметровые – с объемом снегопереноса более  $100 \text{ м}^3/\text{м}$ .

Общая просветность щитов существенно влияет на снегозадерживающую их способность, форму снежных отложений. Оптимальное ее значение зависит от скорости ветра. Общая просветность назначается в соответствии с максимальной скоростью ветра при метелях в данной местности. Рекомендательными являются следующие значения общей просветности для переносных щитов: в районах со скоростью ветра при метелях до  $20 \text{ м/с}$  – 60 %, более  $20 \text{ м/с}$  – 50 % для одиночных линий щитов и первых рядов двойных линий, 60 % для вторых (полевых) рядов двойных линий щитов. Одним из основных параметров, влияющих на форму снежных отложений у щитов и на степень заносимости их снегом, является коэффициент распределения просветности. Переносные щиты следует делать с увеличенной просветностью в нижней части, принимая значение коэффициента распределения просветности равным 1,5.

Для защиты автомобильных дорог от снежных заносов существует *четыре типа решетчатых щитов* в зависимости от объема снегоприноса (рисунки 1.79):

– I – более  $100 \text{ м}^3/\text{м}$  и скорости ветра более  $20 \text{ м/с}$ , представляет собой щит высотой 2,0 м, общей просветностью 50 %, просветностью нижней половины 60 %, верхней – 40 %;

– II – менее  $100 \text{ м}^3/\text{м}$  и скорости ветра более  $20 \text{ м/с}$  – высотой 1,5 м, общей просветностью 50 %, просветностью нижней части 60 %, верхней – 40 %;

– III – более  $100 \text{ м}^3/\text{м}$  в районах со скоростью ветра менее  $20 \text{ м/с}$  – высотой 2,0 м, общей просветностью 60 %, просветностью нижней части 70 %, верхней – 50 %;

– IV – менее  $100 \text{ м}^3/\text{м}$  в районах со скоростью ветра менее  $20 \text{ м/с}$  – высотой 1,5 м, общей просветностью 60 %, просветностью нижней части 70 %, верхней – 50 %.

С учетом целесообразности многорядные щитовые линии формируют из щитов разной просветности. Ближайшие к полю линии формируются из щитов с менее густой решеткой (тип III), а ближайший к автомобильной дороге ряд – из щитов с более густой решеткой (тип I). Один из способов установки щитов указан на рисунке 1.80. Для обеспечения надлежащей прочности щитов с разреженной нижней частью их вертикальные планки, несущие основную нагрузку от ветра в процессе работы, делают толщиной 16 мм, остальные планки (диагонали и горизонталы) – толщиной 12–13 мм.

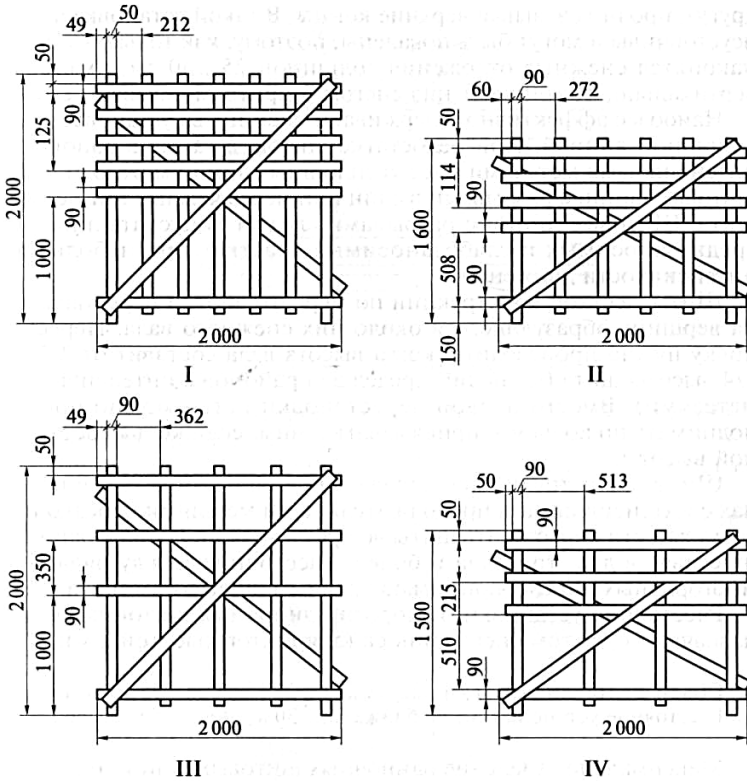


Рисунок 1.79 – Типы переносных щитов (I–IV) с разряженной нижней частью (размеры даны в мм) [44]

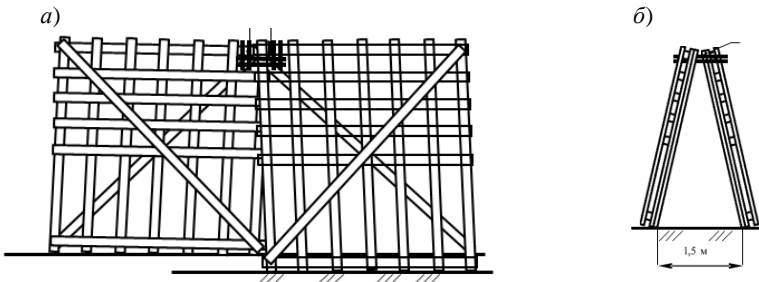


Рисунок 1.80 – Установка решетчатых щитов наклонно друг к другу [63]:  
а – вид спереди; б – вид сбоку

Переносные щиты обычно устанавливают с кольями, привязывая к ним. Колья должны иметь диаметр 6–8 см и длину, превышающую на 1 м высоту щита. Расстояние между кольями должно составлять не менее 1,9 м. На каменистом или скальном грунте щиты ставят в «козлы», прочно связывая верхние концы между собой. Наиболее эффективно задерживают снег щиты, установленные сплошной линией. При недостатке щитов вместо сплошной линии устанавливают щитовые линии с разрывами в один щит через каждые три щита. Максимальное удаление одиночных щитовых линий от автомобильной дороги должно быть не более 100 м. В случаях интенсивных метелей щиты ставят в несколько рядов. Ближайший к дороге ряд должен находиться не ближе 30 м от нее. Щитовые линии обычно располагают параллельно дороге, но при косых ветрах на первом и втором рядах рекомендуется ставить короткие звенья щитов через 60 м перпендикулярно к основной щитовой линии с таким расчетом, чтобы их концы подходили к дороге не ближе чем на 10–15 м (рисунок 1.81).

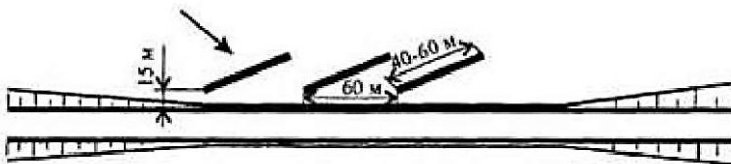


Рисунок 1.81 – Расположение косых звеньев щитов [45]

При существенном снижении снегосборной способности щитов их переустанавливают на вершину образовавшегося около них снежного вала или поднимают по кольям, в случаях, когда:

- высота снежного вала в местностях с интенсивными метелями достигает уровня, составляющего  $\frac{2}{3}$  высоты щита, а в местности с неинтенсивными метелями – полной высоты щита;
- толщина слоя снега у щитовой линии достигает 50 см.

При этом перестановку щитов устраивают по тому критерию, который наступает раньше.

*Ограждения из синтетических материалов (сетки, ленты).* При объемах снегоприноса более  $75 \text{ м}^3/\text{м}$  их применяют в комбинации с уже указанными выше снегозащитными устройствами, а при объеме менее  $75 \text{ м}^3/\text{м}$ , – как самостоятельные конструкции (рисунок 1.82).

В верхнюю часть синтетической сетки также устанавливают полимерный шпагат. Он закрепляется узлом на первом опорном колу сетки, протягивается на расстоянии 7–13 см от ее верха с продеванием в ячейки сетки с интервалом 30–40 см, натягивается, оборачивается вокруг каждого опорно-

го кола и закрепляется узлом на последнем опорном колу. Схема установки полимерного шпагата в ограждение приведена на рисунке 1.83.

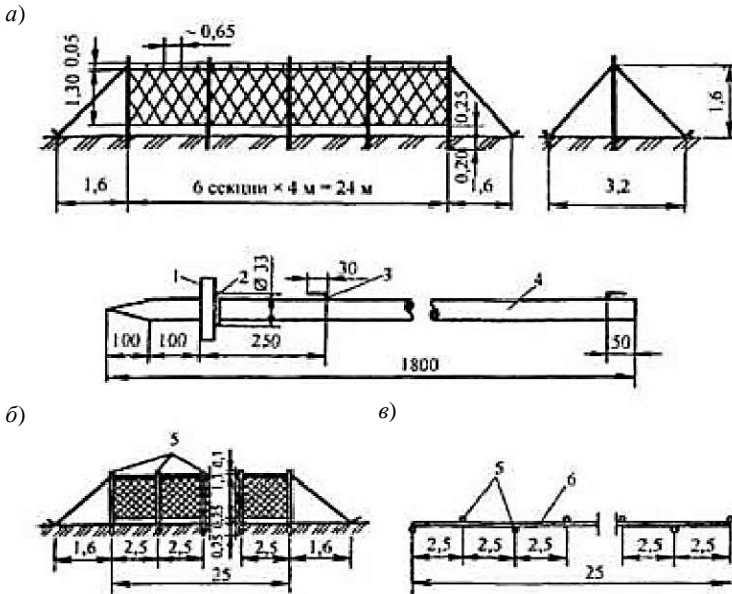


Рисунок 1.82 – Снегозадерживающие полиэтиленовые сетки (размеры даны в м, на рисунке *a* – вид сверху – в мм) [63]:  
*a* – тип I на стойках металлических труб; *b* – тип II на деревянных кольях;  
*в* – размещение кольев; 1 – стопорная шайба; 2 – упор; 3 – крепление для сетки;  
 4 – стальная труба; 5 – деревянные колья; 6 – сетка

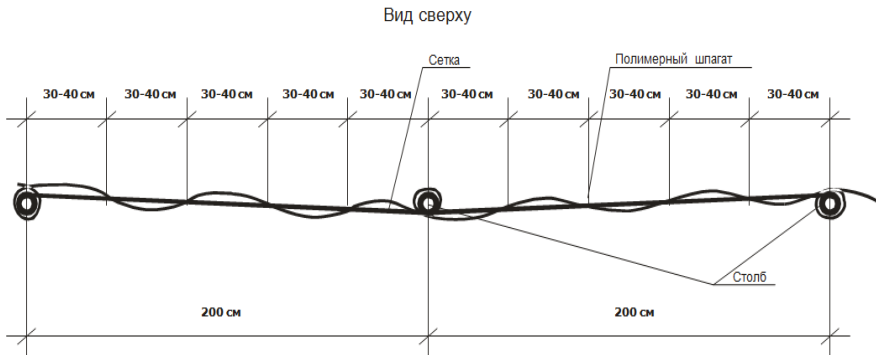


Рисунок 1.83 – Схема установки полимерного шпагата в ограждение [63]

Снегозащита из сеток должна иметь в плане вид прямой или плавной кривой линии, без изломов и резких изгибов, нижняя часть сеток располагается на высоте  $20 \pm 5$  см над уровнем земли. Сетки по возможности следует ставить по верху возвышений на местности.

В местностях со слабоинтенсивными метелями (при объемах снегоприноса менее  $50 \text{ м}^3/\text{м}$ ) допускается устраивать преграды из сеток с разрывами шириной, равной 2 м, и не чаще чем через 6 м. Расстояние установки преград из сеток от бровки земляного полотна следует принимать 15–20 их высот.

Для защиты автомобильных дорог от снеготранспорта применяются также временные пространственные снегозащитные средства, представленные на рисунке 1.84.

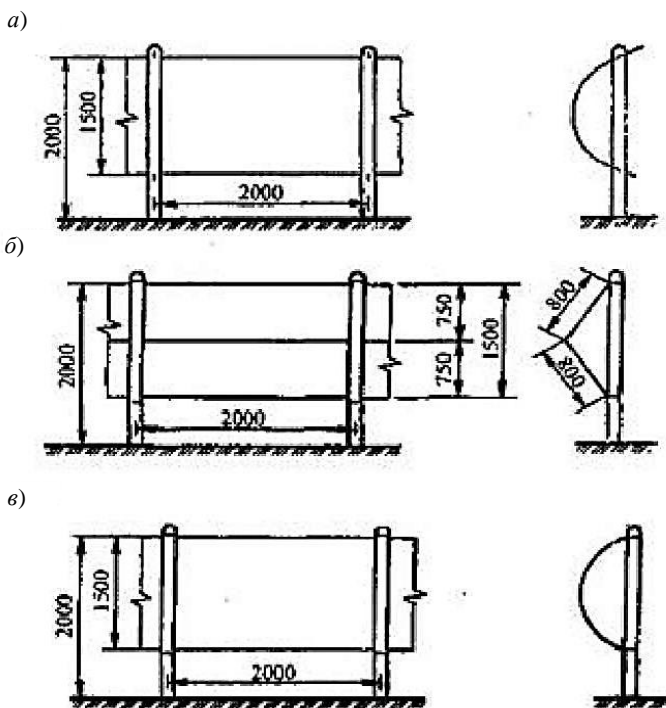


Рисунок 1.84 – Временные пространственные снегозащитные средства:  
 а – рулонное заполнение; б – листовое заполнение (угловоый профиль);  
 в – листовое заполнение (криволинейный профиль)

#### 1.8.4 Очистка автомобильных дорог от снеговых отложений

Для обеспечения должного уровня условий безопасности движения проезжую часть дороги необходимо систематически очищать от попадающего на нее снега. Исключительное значение имеет поддержание поверхности дороги в обтекаемом для снеговетрового потока состоянии. Нельзя оставлять по краям дороги снежные валы, которые служат главной причиной образования заносов. Валы необходимо полностью удалять или разравнивать за бровкой земляного полотна.

Различают следующие **виды снегоочистительных работ**: патрульная снегоочистка; удаление валов; расчистка снежных заносов небольшой толщины и значительной толщины.

На всех дорогах, где поддерживается регулярный режим зимнего содержания, а дорожные условия позволяют применять быстроходные машины, основой снегоочистительных мероприятий должна быть *патрульная снегоочистка*. Она должна быть организована таким образом, чтобы в максимальной степени обеспечить бесперебойный и безопасный проезд транспортных средств с учетом установленных требований к срокам проведения работ, приведенных в таблице 1.20.

Для выполнения работ по очистке автомобильных дорог от снега применяются плужно-щеточные и роторные снегоочистители, параметры которых приведены в таблицах 1.21–1.23.

Боковой отвал НО-78-01 на МАЗ-5516 предназначен для удаления рыхлого и свежевыпавшего снега с дорожного полотна и обочины дороги. Боковой отвал может работать одновременно с передним отвалом.

В зависимости от уровня требований автомобильной дороги к очистке проезжей части и обочин от снега во время снегопадов и метелей необходимо приступать при максимальной толщине рыхлого снега, приведенной в таблице 1.24. Патрульную очистку можно производить отрядом плужных автомобильных снегоочистителей или одиночными машинами. Одиночными снегоочистителями следует работать на дорогах с небольшим движением при малой интенсивности снегопада или метели и в районах со слабоинтенсивными метелями. В местностях с частыми и интенсивными метелями, а также на дорогах с интенсивным движением патрульная снегоочистка ведется отрядами машин. Для патрульной очистки в основном используют одноотвальные автомобильные снегоочистители.

Плужными автомобильными снегоочистителями снег перемещают от оси дороги к обочинам. Машины располагаются в плане уступами одна за другой на расстоянии 30–60 м, с перекрытием следа на 0,3–0,5 м (рисунок 1.85, а). При большой ширине полотна (15–16 м) во избежание многих перевалок снега допускается работа по схеме с разным направлением перемещения (рисунок 1.85, б).

Таблица 1.20 – Требования к срокам проведения работ по полноте очистки и допустимой толщине уплотненного снега на автомобильных дорогах [9]

Показатели состояния покрытия и обочин в зимний период	Предельно допустимая величина по уровням требований				
	1	2	3	4	5
<i>Директивные сроки<sup>1)</sup></i>					
1 Обработка проезжей части противогололедными материалами, соответствующими требованиям [7], ч, не более:					
1.1 в обычных погодных условиях	3,0	4,0	6,0	9,0	12,0
1.2 в экстремальных погодных условиях <sup>2)</sup>	4,0	6,0	8,0	12,0	16,0
2 Очистка проезжей части, в том числе на мостах и путепроводах, от рыхлого снега, ч, не более:					
2.1 в обычных погодных условиях	4,0	6,0	8,0	12,0	16,0
2.2 в экстремальных погодных условиях	8,0	11,0	15,0	18,0	22,0
3 Очистка площадок для пассажиров на остановках маршрутных транспортных средств, обочин, тротуаров и пешеходных (велосипедных) дорожек, площадок отдыха от рыхлого снега, сут, не более:					
3.1 в обычных погодных условиях	1,5	2,5	4,0	8,0	12,0
3.2 в экстремальных погодных условиях	3,0	5,0	7,0	11,0	17,0
4 Очистка мостов и путепроводов, сут, не более	4,0	4,0	5,0	5,0	14,0
<i>После окончания директивных сроков</i>					
5 Относительная ширина очистки проезжей части и укрепленных обочин от рыхлого снега, %, не менее:					
5.1 в обычных погодных условиях	100	100	80	70	60
5.2 в экстремальных погодных условиях	80	60	50	50	50
6 Относительная ширина очистки обочин от рыхлого снега, %, не менее:					
6.1 в обычных погодных условиях	80	70	65	60	50
6.2 в экстремальных погодных условиях	50	40	30	30	30
7 Относительная ширина очистки площадок для пассажиров на остановках маршрутных транспортных средств, тротуаров и пешеходных (велосипедных) дорожек, площадок отдыха от рыхлого снега, %, не менее:					
7.1 в обычных погодных условиях	80	70	65	60	50
7.2 в экстремальных погодных условиях	50	40	30	30	30

<sup>1)</sup> Директивные сроки – время, устанавливаемое дорожными организациями, для устранения дефектов конструктивных элементов автомобильных дорог и улиц с момента их обнаружения, а также время, устанавливаемое им для ликвидации зимней скользкости после прекращения снегопада, метели или образования (обнаружения) гололеда.

<sup>2)</sup> Экстремальные погодные условия – условия, при которых снегопад интенсивностью более 5 см/ч продолжается более 6 ч, метель со скоростью ветра более 14 м/с, среднесуточная температура воздуха ниже минус 10 °С наблюдается более 2 суток.

## Окончание таблицы 1.20

Показатели состояния покрытия и обочин в зимний период	Предельно допустимая величина по уровням требований				
	1	2	3	4	5
8 Толщина снежного и снежно-ледяного наката на покрытии проезжей части и укрепленных обочинах, мм, не более: 8.1 в обычных погодных условиях 8.2 в экстремальных погодных условиях	Не допус- кается	Не допус- кается	30 60	60 100	100 150
9 Толщина снежного и снежно-ледяного наката на обочинах, мм, не более: 9.1 в обычных погодных условиях 9.2 в экстремальных погодных условиях	20 40	25 60	35 80	70 130	120 180
10 Толщина снежного и снежно-ледяного наката на площадках для пассажиров на остановках маршрутных транспортных средств, тротуарах и пешеходных (велосипедных) дорожках, площадках отдыха, мм, не более: 10.1 в обычных погодных условиях 10.2 в экстремальных погодных условиях	20 40	25 60	35 80	70 130	120 180
11 Наличие колеиности, выбоин в снежном накате на покрытии глубиной, мм, не более: 11.1 в обычных погодных условиях 11.2 в экстремальных погодных условиях	Накат не допус- кается 20	Накат не допус- кается 30	20 40	30 50	Не нор- мирует- ся  Не нор- мирует- ся
12 Наличие заснеженных неровных участков, на которых скорость должна быть снижена, % от участка дороги протяженностью 1 км, не более: 12.1 в обычных погодных условиях 12.2 в экстремальных погодных условиях	Не допус- кается 20	Не допус- кается 30	30 50	40 60	Не нор- мирует- ся  Не нор- мирует- ся
13 Допустимые перерывы движения в экстре- мальных погодных условиях, ч	Нет	2	4	8	24
<i>Примечания</i> 1 Перед заснеженными неровными участками дорог необходимо устанавливать временные знаки в соответствии со стандартом [10]. 2 Директивные сроки очистки мостов и путепроводов от снега относятся к тротуарам и фасадным конструктивным выступам, когда толщина снега превышает 10 см.					



Таблица 1.21 – Характеристики плужно-щеточных снегоочистителей [63]

Показатель	ПМ-130	КО-002	КО-105	КО-705	КДМ-130	КО-707
Базовое шасси	ЗИЛ-130	ЗИЛ-130	ЗИЛ-130	Т-40АП	ЗИЛ-130	МТЗ-80
Ширина очищаемой полосы, м:						
отвалом	2,5	2,5	2,5	2,17	2,5	2,15
щеткой	2,3	2,3	2,3	1,8	2,3	1,8
Рабочая скорость, км/ч	10–20	10–20	10–20	До 1	10–20	До 15
Наибольшая высота сгребаемого слоя, м	0,25	0,25	0,25	0,4	0,25	0,5
Наибольший диаметр щетки, мм	520	520	520	500	520	560
Угол установки, град.:						
щетки	62	62	60	60	60	60
отвала	55	55	55	55	50	60
Размер машины, мм:						
длина	7725	7720	8800	6850	9450	6345
ширина	3000	3000	2820	2280	2790	2600
высота	2350	2700	2400	2520	2755	2470
Масса оборудования, кг	600	690	690	585	650	600

Таблица 1.22 – Основные параметры бокового отвала НО-78-01 на МАЗ-5516

Базовый автомобиль	МАЗ-5516
Ширина отвала, мм	3000
Высота, мм:	
минимальная	800
максимальная	1120
Ширина очищаемой полосы при угле поворота 44°, м	2,18
Скорость передвижения, км/ч:	
рабочая	30–50
транспортная	83
Масса, кг	860

Таблица 1.23 – Характеристики роторных снегоочистителей [63]

Показатель	ДЭ-210	ДЭ-211	Д-470	Д-450
Базовое шасси	ЗИЛ-131	Урал-375Е	ЗИЛ-157КЕ	МАЗ-502
Мощность двигателя, кВт	184	132 ± 294	110	132 ± 221
Ширина захвата, м	2,56	2,81	2,52	2,76
Наибольшая высота убираемого слоя снега, м	1,3	1,5	1,2	1,7
Средняя дальность отбрасывания, м	24	37	24	25
Ротор:				
диаметр, мм	978	1220	975	1220
частота вращения, об/мин	422	403	425	338
Шнеки:				
диаметр, мм	450	550	450	450
частота вращения, об/мин	354	302	218	352
Уклон наклона патрубка ротора к поверхности дороги, град.:				
вправо	19	15	–	15
влево	44	35	–	35
Минимальная рабочая скорость, км/ч	0,3	0,452	0,3	0,77

Окончание таблицы 1.23

Показатель	ДЭ-210	ДЭ-211	Д-470	Д-450
Размеры, мм:				
длина	8550	10050	8000	8750
ширина	2670	2810	2570	2800
высота	2700	2940	2530	2950
Масса, кг	10820	15200	8820	13600

В этом случае часть снегоочистителей сдвигает снег в направлении оси дороги, а другие (идушие по краю) – в сторону кювета. При работе по такой схеме во избежание образования снежных заносов на дороге необходимо сразу же удалять роторными снегоочистителями снежный вал, образующийся на оси дорожного полотна.

Таблица 1.24 – Максимальная толщина рыхлого снега для дорог с уровнем требований

Уровень требований	Максимальная толщина рыхлого снега, см
1	3
2	4
3	5
4	6
5	8

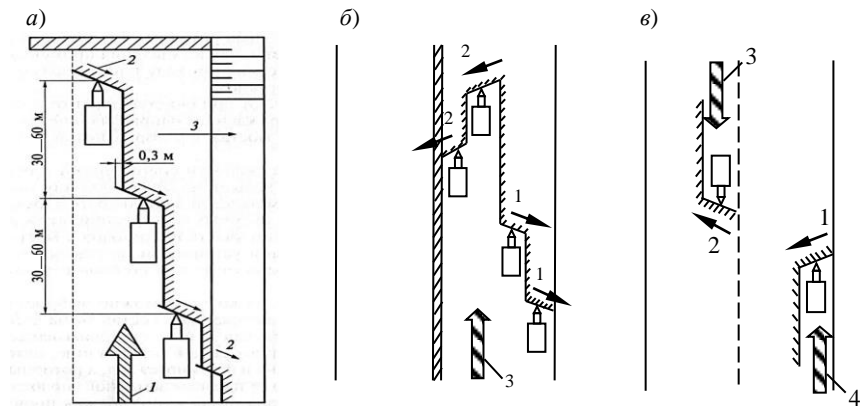


Рисунок 1.85 – Технологические схемы очистки дороги:

- а – от оси к обочинам (1 – направление движения снегоочистительных машин; 2 – направление отбрасывания снега; 3 – направление ветра); б – с разным направлением перемещения (1, 2 – направления отбрасывания снега; 3 – направление движения снегоочистительных машин); в – при сильном боковом ветре (1, 2 – направления отбрасывания снега; 3, 4 – направления движения снегоочистительных машин)

Формирование снежных валов не допускается [63]:

- на пересечениях дорог в одном уровне и вблизи железнодорожных переездов в зоне треугольника видимости;
- ближе 5 м от пешеходного перехода;
- ближе 20 м от остановочного пункта общественного транспорта;

- на участках дорог, оборудованных транспортными ограждениями или повышенным бордюром;
- на тротуарах.

Если дорогу приходится очищать при сильном боковом ветре, нецелесообразно отбрасывать снег против ветра, т.к. он сдувается обратно. В таких случаях патрульную очистку ведут по схеме, позволяющей перемещать снег в направлении, совпадающем с направлением ветра (рисунок 1.85, в). При работе по этой схеме используются снегоочистители с поворотным отвалом, при этом пройдя в одном направлении, меняют положение отвала снегоочистителя на обратное и, возвращаясь, отбрасывают снег по ветру. При отсутствии снегоочистителей с поворотным отвалом применяют двухотвальные плужные снегоочистители. Снег сдвигают той стороной двухотвального плуга, при пользовании которой направление перемещения снега совпадает с направлением ветра.

На участках дорог, проходящих по косогорам, очистка проезжей части начинается со стороны верхового откоса и ведется последовательными проходами снегоочистителей с перемещением снега в сторону низового откоса. Схема проходов аналогична схеме, применяемой при очистке во время сильного бокового ветра.

Следует иметь в виду, что после прохода последнего плужного снегоочистителя на обочине или в кювете образуются снежные валы.

*Снежные валы* удаляют с помощью валоразбрасывателей (роторных снегоочистителей). Если валы сдвинуты на кюветы, то удалить их с помощью роторных снегоочистителей на колесном ходу нельзя ввиду опасности их съезда, поэтому применяют роторные снегоочистители на гусеничном ходу или валоразбрасыватели с выносным рабочим органом. При отсутствии таких машин для удаления валов, расположенных над кюветами, применяют автогрейдеры в комплекте с роторными снегоочистителями на колесном ходу. Автогрейдер сдвигает снег из вала на дорожное полотно, а роторный снегоочиститель отбрасывает его в сторону. На участках дорог с прилегающими лесными насаждениями ограничиваются только сдвиганием валов в сторону при помощи автогрейдеров, бульдозеров или двухотвальных тракторных снегоочистителей.

*Снежные заносы небольшой толщины* (0,2–0,3 м) расчищают плужными автомобильными снегоочистителями. В этом случае работа производится в комплекте с роторным снегоочистителем, который следует за отрядом плужных снегоочистителей, удаляя создаваемые ими снежные валы.

Автогрейдерами расчищают снежные заносы толщиной до 0,5–0,6 м. Работа также выполняется совместно с роторными снегоочистителями.

На участках с ограждениями, за которые можно выбросить снег, задача очистки решается путем включения в состав отряда автогрейдера и ротор-

ного снегоочистителя или валоразбрасывателя. Плужные снегоочистители сдвигают снег к ограждению, автогрейдер перемещает его на обочину и формирует вал, а роторный снегоочиститель выбрасывает его за пределы земляного полотна. Окончательная уборка снега производится средствами малой механизации или вручную.

При очистке от снежных отложений путепроводов, эстакад и мостов используют два варианта: снег сдвигают к боковым ограждениям или бордюрам и затем бульдозерами перемещают вдоль моста за его пределы; снег плужными снегоочистителями сдвигают к боковым ограждениям, затем автогрейдером отодвигают от него и формируют в виде вала, после чего шенкороторным снегоочистителем погружают в транспортные средства и вывозят.

*Снежные отложения значительной толщины*, образовавшиеся в результате сильных метелей и снегопадов, расчищают роторными снегоочистителями, двухотвальными тракторными снегоочистителями и бульдозерами. Эти машины могут применяться как в комплексе, так и самостоятельно. Роторные снегоочистители на колесном ходу должны работать совместно с бульдозерами при толщине отложений более 1,5 м. Бульдозеры сдвигают снег к роторному снегоочистителю, который отбрасывает его в сторону от дороги. Роторный снегоочиститель на гусеничном ходу может расчищать снежные отложения любой толщины, послойно последовательными проходами.

Совместная работа роторного снегоочистителя с тяжелыми сдвигающими машинами (бульдозерами, автогрейдерами, двухотвальными тракторными снегоочистителями) требуется также при смерзшемся снеге большой прочности. В этом случае сдвигающие машины разрыхляют снег, что достигается простым переваливанием, а роторные снегоочистители удаляют его. Фрезерно-роторные снегоочистители разрабатывают снег любой прочности.

### 1.8.5 Виды зимней скользкости и методы борьбы с ней.

#### Классификация и параметры противогололедных материалов

Одним из элементов эксплуатации автомобильных дорог в зимний период является борьба с **зимней скользкостью**. Под ней понимаются ледяные образования и снежные отложения на поверхности дороги, приводящие к снижению коэффициента сцепления колес автомобиля с поверхностью дороги и ухудшения ее ровности. Все виды зимней скользкости, образующиеся на дорожном покрытии, приведены в таблице 1.25.

Наиболее вероятными условиями образования *гололеда* на дорожном покрытии являются: температура воздуха – от минус 2 до минус 12 °С; относительная влажность воздуха – от 83 до 100 %; точка росы – от минус 3 до минус 14 °С; температура поверхности покрытия – от минус 2 до минус 11 °С.

Таблица 1.25 – Виды зимней скользкости [63]

Вид зимней скользкости	Процесс образования
Гололед	Замерзание дождя или изморози
Изморозь	Отложение льда при тумане в результате десублимации водяного пара и замерзании капель переохлажденного тумана
Иней	Тонкий слой ледяных кристаллов на поверхности дорожного покрытия, образующийся из водяного пара атмосферы
Рыхлый снег	Во время снегопада и метели
Снежный накат	Уплотнение рыхлого снега
Снежно-ледяной накат	Замерзание переувлажненного снега
<i>Примечание</i> – Гололед, изморозь и иней далее по тексту объединены под одним названием – гололед.	

Наиболее вероятными условиями образования *инея* на дорожном покрытии являются: температура воздуха – от +1 до минус 7 °С; относительная влажность воздуха – от 86 до 100 %; точка росы – от 0 до минус 8 °С; температура поверхности покрытия – от 0 до минус 8 °С.

*Гололед* – наиболее опасный вид зимней скользкости.

*Рыхлый снег* на покрытии образуется во время снегопадов и метелей. В зависимости от содержания влаги снег может быть сухим, влажным и мокрым. С увеличением влажности и повышением температуры воздуха плотность рыхлого снега возрастает от 0,07 до 0,2 г/см<sup>3</sup>. Температура покрытия в зимний период

$$T_{\text{п}} = 0,9126 T_{\text{в}} + 1,0618, \quad (1.40)$$

где  $T_{\text{в}}$  – температура воздуха, °С.

При несвоевременной россыпи противогололедных материалов и снегоочистке рыхлый снег под действием колес автотранспорта превращается в снежный накат. Наиболее интенсивно снег уплотняется при температуре воздуха, близкой к 0 °С. Плотность снежного наката составляет 0,2–0,4 г/см<sup>3</sup>.

Снежно-ледяной накат представляет собой спрессованный слой снега с прослойками льда или обледенелые на всю толщину снежные отложения. Толщина снежно-ледяного наката неодинакова и может превышать 5 см. Плотность таких отложений 0,5–0,7 г/см<sup>3</sup>.

Работы по борьбе с зимней скользкостью должны обеспечивать транспортно-эксплуатационное состояние дорог, удовлетворяющее действующим требованиям и соответствующее заданному уровню требований по содержанию. Согласно целевой направленности все существующие мероприятия по борьбе с зимней скользкостью подразделяются на три группы:

- снижение отрицательного воздействия образовавшейся зимней скользкости и повышение коэффициента сцепления колес с дорогой путем распределения по обледеневшему покрытию фрикционных материалов;
- удаление с покрытия образовавшегося ледяного или снежного слоя с применением химических, механических, тепловых и других методов;

– предотвращение образования снежно-ледяного слоя или ослабление его сцепления с покрытием путем профилактической обработки покрытия противогололедными химическими веществами или введения противогололедных реагентов в состав покрытия.

Трудоемкость работ по ликвидации зимней скользкости зависит от частоты, интенсивности и продолжительности снегопадов, метелей и обледенения дорог, а также температуры воздуха при таких явлениях. Исходя из этих показателей на территории республики выделено четыре района по условиям ликвидации зимней скользкости на автомобильных дорогах (таблица 1.26).

Таблица 1.26 – Среднее число случаев образования зимней скользкости за зимний период

Район	Часть территории Республики Беларусь	Среднее число случаев зимней скользкости по причине		Всего
		гололеда	снегопадов и метелей	
I	Юго-западная	15	30	45
II	Южная и западная	20	35	55
III	Центральная	25	40	65
IV	Восточная и северная	20	40	60

Исходя из числа случаев зимней скользкости, ее продолжительности, температуры воздуха и толщины снежно-ледяных отложений, рассчитывают количество посыпок дорог, нормы распределения хлористого натрия, потребность в противогололедных материалах и сроки выполнения работ в соответствии с кодексом [24]. В практике зимней эксплуатации автомобильных дорог применяют следующие **методы борьбы с зимней скользкостью**:

– ф р и к ц и о н н ы й – по поверхности снежно-ледяного слоя рассыпают песок, мелкий гравий или другие абразивные материалы с размерами частиц около 6 мм (как правило, не более). Распределение производят пескоразбрасывателями или другими машинами. Для повышения эффективности распределяют подогретый абразивный материал, который проникает в ледяную корку и придает поверхности некоторую шероховатость. На неопасных участках дорог норма расхода смеси составляет 0,3–0,4 м<sup>3</sup> на 1000 м<sup>2</sup> покрытия. На спусках, перекрестках, кривых малого радиуса, т.е. на опасных участках, норму расхода практически удваивают. Рассыпанный абразивный материал повышает коэффициент сцепления до 0,3, однако он не задерживается на проезжей части долгое время (не более 0,5–1 ч) и сносится воздушными массами проходящих автомобилей, разбрасывается колесами и сдувается ветром. Для восстановления сцепных свойств требуются частые посыпки и большое количество машин пескораспределителей;

– химический – заключается в использовании для плавления<sup>1)</sup> снега и льда твердых или жидких химических веществ. Применение таких реагентов позволяет расплавить и устранить отложения, после чего покрытие становится мокрым, однако затем высыхает. Таким образом, химический метод позволяет полностью ликвидировать зимнюю скользкость. Плавление льда химическими реагентами представляет собой физико-химический процесс, сутью которого является плавление льда и образование водно-соляного раствора, температура замерзания которого значительно более низкая, чем температура замерзания воды. С понижением температуры воздуха плавящая способность хлоридов снижается, и поэтому норма их расхода увеличивается. Кроме того, при плавлении льда образуются растворы, которые могут замерзнуть и стать причиной нового обледенения дорожного покрытия. Температура замерзания раствора зависит от концентрации и вида хлоридов;

– комбинированный химико-фрикционный – состоит в том, что на поверхность покрытия распределяют фрикционные материалы, смешанные с твердыми хлоридами NaCl, KCl, MgCl<sub>2</sub>, CaCl<sub>2</sub>. Пескосоляную смесь готовят смешением фрикционных материалов с кристаллической солью в соотношении 9:1; 8:1; 6:1 или 4:1. Достоинством пескосолевых смесей является то, что они не смерзаются и не слеживаются<sup>2)</sup>.

На опасных участках дорог нормы расхода пескосолевых смесей составляют от 0,1 до 0,2 м<sup>3</sup> на 1000 м<sup>2</sup> покрытия, а на опасных – 0,3–0,4 м<sup>3</sup>. Пескосоляные смеси распределяют специальными пескорасбрасывателями (рисунок 1.86) или комбинированными дорожными машинами с универсальным оборудованием.



Рисунок 1.86 – Машины для распределения противогололедных материалов [34]

<sup>1)</sup> Плавящая способность – способность противогололедного материала плавить ледяной или тонкий снежный покров на дорожном покрытии.

<sup>2)</sup> Слеживаемость – склонность противогололедного материала к потере сыпучести и образованию монолитной массы.

**Классификация и параметры противогололедных материалов.** Противогололедные материалы<sup>1)</sup> классифицируют в зависимости от содержания реагента<sup>2)</sup>: до 5 % включ. – фрикционные, св. 5 и до 95 % включ. – химико-фрикционные, свыше 95 % – химические, и коррозионной активности: коррозионно-неактивные, ингибированные<sup>3)</sup> и коррозионно-активные. Химические противогололедные материалы классифицируют также в зависимости от агрегатного состояния: жидкие, в том числе растворы, и твердые кристаллические.

Противогололедные материалы должны соответствовать установленным требованиям стандарта [7] на конкретный противогололедный материал и изготавливаться по технологическому регламенту и рецептуре. Согласно физико-механическим показателям противогололедные материалы должны соответствовать требованиям и нормам, указанным в таблице 1.27.

Таблица 1.27 – Физико-механические параметры противогололедных материалов, используемых в Республике Беларусь [7]

Наименование параметра	Норма для противогололедного материала			
	фрикционного	химико-фрикционного	химического	
			кристаллического	жидкого
1 Внешний вид	Сыпучая однородная смесь твердых частиц			Прозрачная жидкость без механических включений, осадка и взвеси
2 Содержание зерен противогололедного материала, % по массе, не более: свыше 15 мм » 10 до 15 мм включ. » 5 » 10 мм »	Не допускается » 5	Не допускается 4 10		
3 Содержание водорастворимых веществ, % по массе	Не более 5	5–95	Не менее 95	Не менее 20
4 Содержание пылевидных и глинистых частиц, % по массе, не более	5		–	–
5 Склеиваемость по динамическому плотномеру при температуре плюс 20 и –10 °С, число ударов, не более	20			–

<sup>1)</sup> Противогололедные материалы – твердые кристаллические или жидкие материалы либо их смеси, распределяемые по дорожному покрытию для предупреждения образования или ликвидации гололедицы.

<sup>2)</sup> Противогололедный реагент – химическое водорастворимое вещество, обеспечивающее плавление льда и снега.

<sup>3)</sup> Ингибиторы коррозии – химические соединения, присутствие которых замедляет коррозию металлических конструкций, находящихся в контакте с противогололедным материалом.



Окончание таблицы 1.27

Наименование параметра	Норма для противогололедного материала			
	фрикционного	химико-фрикционного	химического	
			кристаллического	жидкого
6 Защитный эффект против коррозии стали, %:				
коррозионно-неактивные, более	–		80	
ингибированные, более	–		50	
коррозионно-активные, менее	–		50	
7 Плавающая способность, отн. ед., не менее	–		3	
<i>Примечания</i>				
1 Содержание водорастворимых веществ в химико-фрикционных противогололедных материалах не должно отличаться более чем на 10 % от содержания противогололедного реагента, указанного в условном обозначении данного вещества.				
2 Защитный эффект против коррозии стали для коррозионно-активных противогололедных материалов определяют по требованию организации-потребителя.				

## 1.9 Обустройство автомобильных дорог

### 1.9.1 Оборудование пешеходных переходов

**Пешеходные переходы** на автомобильных дорогах устраивают в одном или разных уровнях. Пешеходные переходы в разных уровнях (подземные или надземные) устраивают через автомобильные дороги: 1) I-а и I-б категорий; 2) I-в категории с числом полос движения 6 и более или при интенсивности пешеходного движения более 50 чел./ч; 3) II категории при интенсивности пешеходного движения более 200 чел./ч [62]. Во всех остальных случаях на дорогах I-в и II категории при наличии установившихся пешеходных связей пешеходные переходы устраивают в одном уровне.

На пешеходных переходах в одном уровне на автомобильных дорогах I-в категории предусматривается устройство *центральных островков безопасности* с отличающимся по типу покрытием или приподнятых над проезжей частью. При проектировании *лестничных сходов* предусматривается устройство специальных *пандусов* или применение других мероприятий, обеспечивающих беспрепятственное пользование пешеходным переходом инвалидами-колясочниками и инвалидами по зрению, требования к которым прописаны в кодексе [20].

Требования к лестницам на пешеходных путях предусматривают наличие не менее трех, но не более 12 ступеней в одном марше. После каждого марша необходимо устраивать площадки длиной не менее 1,5 м. Количество ступеней в маршах, как правило, должно быть одинаковым. Высоту ступеней следует назначать не более 0,12 м, одинаковой на всем протяжении

лестницы, ширину – не менее 0,4 м. Подступенок устраивается вертикально, проступь – горизонтально, с шероховатой поверхностью, без выступов над подступенком. Лестницы и пандусы оборудуются с обеих сторон перилами с двумя поручнями, расположенными на высоте 0,9 и 0,7 м. Длина поручней должна быть больше длины пандуса или марша лестницы с каждой их стороны не менее чем на 0,3 м. Поручни должны быть диаметром от 0,03 до 0,05 м или прямоугольного сечения толщиной не более 0,04 м; концы поручней должны отгибаться вниз, а при парном их расположении – соединяться между собой. При продольном уклоне тротуаров более 60 % их также оборудуют поручнями.

Высоту пешеходных тоннелей от уровня пола до низа выступающих конструкций принимают не менее 2,3 м. Высоту прохода в свету от уровня ступеней до низа конструкций в районе входных групп в условиях реконструкции и капитального ремонта допускается сохранять существующую, но не менее 2,1 м. Лестничные сходы и пешеходные пандусы, как правило, устраивают открытыми и располагают в пределах тротуаров и полос озеленения с учетом направления и интенсивности пешеходных потоков. Допускается устройство лестничных сходов, встроенных в здания.

При устройстве пешеходных переходов в разных уровнях предусматриваются мероприятия, препятствующие пересечению пешеходами проезжей части дороги вне установленных для этого мест.

### 1.9.2 Дорожные ограждения

**Опыт иностранных государств по использованию дорожных ограждений и защитных устройств.** По статистическим данным, около 30 % всех ДТП происходит в результате неожиданного съезда автомобилей за пределы проезжей части с последующим опрокидыванием транспортных средств или наездом на препятствия. Анализ статистики показывает, что при вынужденных съездах с дорог наименее защищенными от ударов оказываются люди, находившиеся в легковых автомобилях, по сравнению с людьми в грузовых автомобилях и автобусах. Вероятность гибели людей в малогабаритных легковых автомобилях выше в среднем на 83 %, а в автомобилях средних размеров – на 42 %, чем в крупногабаритных (по данным США).

Дорожные ограждения по условиям применения разделяются на две группы: *удерживающие* и *ограничивающие*. Особый интерес с точки зрения безопасности движения представляют ограждения первой группы. К ним относятся конструкции, рассчитанные на силовое воздействие транспортных средств, конструкции, размеры и форма элементов которых обусловлены требованиями удержания транспортных средств на проезжей части, разделительной полосе или обочине с допустимым воздействием инерционных сил на водителей и пассажиров. Это различные барьеры

ерные ограждения, а также парапеты и бордюры. Последние не всегда обеспечивают допустимое воздействие инерционных сил на человека, поэтому зачастую при столкновении транспортного средства с такими ограждениями имеются человеческие жертвы.

По условиям взаимодействия транспортного средства и конструкции ограждений ограждения первой группы разделяют на два вида: направляющие и останавливающие (рисунок 1.87).

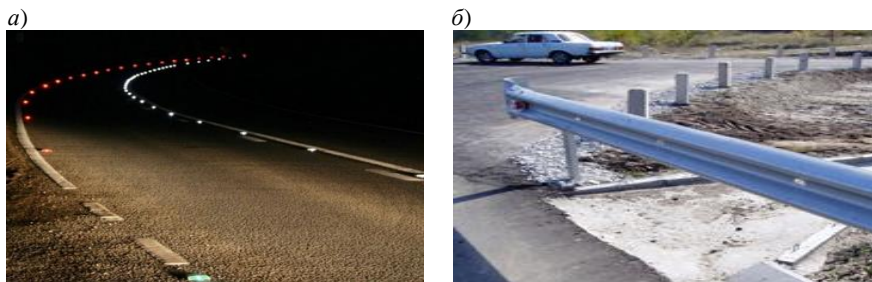


Рисунок 1.87 – Ограждающие устройства:  
а – направляющие; б – останавливающие

*Направляющие ограждения* в последнее время получили наиболее широкое распространение. Их устанавливают вдоль оси дороги на разделительной полосе и обочинах с целью противодействовать скользящим ударам автомобилей, наезжающих на ограждение под углом до  $30^\circ$ .

Основная функция направляющих ограждений заключается в корректировке траектории движения транспортного средства, потерявшего управление, и предотвращении его выезда за пределы бровки земляного полотна дороги или падения с моста. В качестве вспомогательной функции направляющее ограждение обеспечивает зрительное ориентирование водителей, в особенности при движении в темное время суток.

В настоящее время применяются *жесткие, полужесткие и эластичные конструкции ограждения*. Ограждающие устройства, работающие в пределах очень малых деформаций, называются жесткими, с частичным поглощением энергии за счет пластических деформаций – полужесткими, с большими деформациями без существенного поглощения энергии – эластичными.

Для коррекции траектории движения транспортного средства в конструкции жестких ограждений начали вводить конструктивные элементы в виде наклонных и криволинейных боковых граней, на которые могут заезжать колеса транспортных средств. При этом часть энергии удара расходуется на подъем транспортного средства, а следовательно, уменьшается сила удара об ограждение.

Стремление к повышению безопасности взаимодействия транспортного средства с ограждением обуславливает развитие более совершенных полужестких ограждающих устройств, способных деформироваться в заданных пределах с поглощением значительной части энергии удара. В последнее время появились конструкции барьерных ограждений, направляющая часть которых выполнена в виде ферм.

Необходимая жесткость ограждения достигается благодаря изменению шага стоек, частоты расположения поперечных распорок и устройству диагональных связей. Основное достоинство этих ограждений состоит в том, что оно может надежно удерживать и смягчать удар практически всех типов транспортных средств, плавно исправлять траекторию их движения. Такая универсальность достигается тем, что при значительных поперечных прогибах рама отделяется от стоек и поворачивается относительно своей продольной оси с подъемом профильной планки, расположенной со стороны наезда. При больших прогибах наружная планка соприкасается с поверхностью дороги, благодаря чему значительно увеличивается сопротивление дальнейшей деформации. Такие ограждения получают все большее распространение на дорогах Австрии, Великобритании, Германии, Франции. В Нидерландах Институтом безопасности дорожного движения (SWOV) разработана унифицированная серия конструкций таких ограждений, предназначенных для установки на разделительной полосе и обочинах.

Выполненная в США попытка оценки эффективности различных конструкций направляющих ограждений на основе сопоставления данных о тяжести последствий ДТП показала, что подавляющая часть ударов легковых автомобилей об ограждения (около 88 %) не приводит к травмам водителей и пассажиров. Только приблизительно в 10 % случаев зафиксированы легкие ранения людей и в 2 % случаев – тяжелые ранения. На основании выполненных исследований во многих странах пришли к выводу, что все направляющие ограждения способствуют уменьшению числа происшествий с тяжелыми последствиями.

Во многих странах на автомобильных дорогах получает распространение новый вид ограждения – *останавливающее*. Оно противодействует лобовому наезду автомобилей под углом около 90°. Их устанавливают на участках, где направляющие ограждения не могут предотвратить падение автомобиля с моста, высокой насыпи или обрыва. Необходимость в таких ограждениях обусловлена стремлением уменьшить тяжесть ДТП при лобовых столкновениях. Для этого перед массивными предметами (опоры мостов и путепроводов, подпорные стены путепроводов) и конечными элементами направляющих ограждений устанавливают конструкции, рассчитанные на частичное или полное поглощение кинетической энергии транспортного средства за счет деформации или перемещения рабочих элементов ограждения при заданном замедлении.

**Принцип работы останавливающих ограждений** основан на поглощении и рассеивании энергии удара. Наиболее распространенными конструкциями останавливающих ограждений являются металлические или пластиковые емкости, заполненные незамерзающей жидкостью или песком и объединенные в блоки определенной конфигурации. Накопленные в странах Запада данные позволяют сделать вывод, что останавливающие ограждения резко уменьшают тяжесть последствий. При необходимости на кромке проезжей части можно устанавливать такие же барьеры, как и на разделительной полосе. Однако, как правило, для этой цели используют обычные стальные ограждения. По последним стандартам, опоры таких ограждений должны устанавливаться через каждые 2 м вместо 4 м по старым стандартам, а продольная стальная накладка обычно имеет больший диаметр, чем опоры, и выступает над ними, чтобы колеса автомобилей не цеплялись за опоры.

Таким образом, можно сделать вывод, что в большинстве случаев останавливающие ограждения предотвращают возникновение тяжелых травм и соответствуют своему назначению. Кроме того, в ходе исследований в данной области не выявлено существенных преимуществ какой-либо из конструкций ограждения.

Для повышения безопасности движения в местах ответвления или разветвления эстакад, а также перед опорами транспортного пересечения применяют *амортизирующие устройства*. Их выполняют из набора сосудов из полимерных материалов, металлических бочек, заполненных водой, или в виде железобетонного блока с пустотами. Они достаточно хорошо воспринимают удар автомобиля и останавливают его. Амортизирующие устройства препятствуют падению автомобилей с эстакад, столкновению их с опорами путепроводов и не приводят к значительным повреждением транспортных средств при наезде на них.

На автомобильных дорогах с интенсивным движением вблизи жилой застройки создается значительный шум, который может превышать допустимые нормы. При движении автомобилей по эстакадам звуковые волны частично поглощаются пролетными строениями. При этом железобетонные конструкции лучше, чем металлические, экранируют шум. В целях снижения уровня шума по краям пролетных строений предусматривают установку *противошумных ограждений* в виде щитов. Для улучшения внешнего вида сооружений такие щиты часто делают из прозрачных материалов.

*Шумозащитный экран* – конструкция, возводимая вдоль интенсивных автомагистралей для защиты от шума близлежащих строений, а также мест скопления людей. Установка экрана может значительно повысить цену недвижимости и земли в этом районе, а также уменьшает шумовое загрязнение примерно на 30–40 дБ. Шумозащитные экраны снижают транспортный шум за счет его поглощения, изменения длины волны, отражения, или дифракции. Экраны в разной степени защищают от дорожной пыли и грязи особенно в

осенне-весенний период, от ослепления фарами (в случае с непрозрачными экранами). При возникновении ДТП защищают прилегающую территорию от обломков. Таким образом, даже при прохождении в непосредственной близости оживленной дороги можно создать тихий и уютный жилой район, что дает возможность более эффективно расходовать городскую землю.

Экраны подразделяются на несколько видов (рисунок 1.88):

– по типу защиты от шума: звукопоглощающие; звукоотражающие; комбинированные;

– по светопрозрачности: прозрачные (см. рисунок 1.88, *а*); тонированные (рисунок 1.88, *б*); непрозрачные (рисунок 1.88, *в*); с прозрачными вставками (рисунок 1.88, *г*).

*а*)



*б*)



*в*)



*г*)



Рисунок 1.88 – Шумозащитные экраны:

*а* – прозрачный; *б* – тонированный; *в* – непрозрачный; *г* – с прозрачными вставками

В зависимости от типа экрана используемые материалы могут сильно различаться. Для прозрачных и тонированных экранов используется в основном безопасное оргстекло, полиметилметакрилатное стекло. Для звукопогло-

щающих экранов используется многослойное стекло или перфорированный металлический лист со звукопоглощающей задней стенкой. Таким образом, кинетическая энергия звука гасится между двумя слоями материала.

Прозрачные барьеры позволяют не нарушать обзор участка, а также повысить безопасность движения за счет большего угла обзора, лучшей освещенности трассы, а также водители и пешеходы могут визуально наблюдать известные им ориентиры и друг друга. Комбинированные экраны с прозрачными вставками уменьшают усталость, так как однотонность трассы негативно сказывается на реакции водителей, более того, водитель может банально уснуть за рулем или не ощущать реальной скорости движения.

Шумозащитные экраны имеют недостатки:

- создают ощущение ограниченности пространства для водителей;
- уменьшают освещенность и ограничивают обзор, искажают цвет и изображение;
- ограничивают шаговую доступность этого участка автомобильной дороги (в случае необходимости немедленной помощи или если нужно немедленно покинуть участок трассы);
- дороговизна материалов, причем для эффективной защиты от шума рекомендуется высота не менее 4 м и с запасом по длине – 5 м с обеих сторон;
- при установке отражающих панелей звук практически не снижает своей силы, а лишь меняет направление, что создает направленный вверх поток, который оглушает жителей верхних этажей, пролетающих птиц и создает повышенную вибрацию воздуха над дорогой и др.

**Назначение и классификация дорожных ограждений.** Дорожное ограждение – элемент системы технических средств организации дорожного движения, представляющий собой конструкции и устройства, предназначенные для предотвращения съездов транспортных средств за пределы дороги, с мостов, путепроводов и эстакад, наездов на опасные препятствия и столкновений со встречными транспортными средствами, организации движения транспортных и пешеходных потоков, а также предотвращения выхода животных на проезжую часть. Дорожные ограждения подразделяют на три группы [10] (рисунок 1.89):

1) транспортные – для предотвращения непреднамеренных съездов транспортных средств с земляного полотна дороги, проезжей части мостов, путепроводов, эстакад, въезда на полосы встречного движения, а также наездов на массивные препятствия и сооружения, расположенные возле дороги;

2) пешеходные – для организации упорядоченного движения пешеходов и обеспечения их безопасности;

3) специальные – для предотвращения выхода животных на проезжую часть автомобильной дороги.

Транспортные ограждения в зависимости от конструктивного исполнения разделяются на металлические односторонние (рисунок 1.89, а), металлические двусторонние (рисунок 1.89, б), тросовые (рисунок 1.89, в), парапетные (железобетонные) (рисунок 1.89, г).

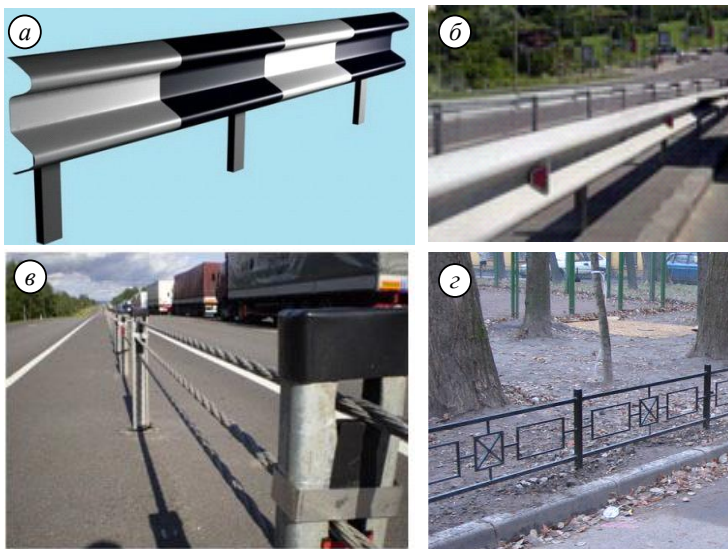


Рисунок 1.89 – Дорожные ограждения:

а – транспортные металлические односторонние; б – транспортные металлические двусторонние; в – транспортные тросовые; г – пешеходные

В зависимости от конструктивного исполнения *пешеходные ограждения* разделяются:

- на *удерживающие* (для удержания пешеходов от падения при движении их по тротуарам, расположенным на мостах, путепроводах, эстакадах или высокой насыпи);
- *ограничивающие* (для организации упорядоченного движения пешеходов).

Окраску дорожных ограждений и установку световозвращающих элементов на них производят согласно требованиям стандарта [8].

Нормативно закреплены требования к следующим параметрам транспортных ограждений первой группы [10]:

1 *Степень удержания* (степень энергоемкости) – условный показатель, характеризующий величину поглощаемой кинетической энергии движущегося автомобиля при наезде его на ограждение, кДж. Согласно этому пара-



метру существует 10 видов дорожных ограждений первой группы: от 126,6 до 600 кДж. В зависимости от места установки (дорога, улица, мостовые сооружения) стандарт [10] устанавливает требуемые значения степени удержания дорожных ограждений.

2 *Прогиб* – наибольшее горизонтальное смещение продольной оси балки металлического дорожного ограждения первой группы (троса) в поперечном направлении относительно оси недеформированного ограждения при наезде на него автомобиля.

Увеличенный на 0,25 м прогиб металлического или тросового ограждения, устанавливаемого на обочине, не должен превышать расстояние от лицевой стороны недеформированного ограждения до бровки земляного полотна (рисунок 1.90, а). Увеличенный на 0,25 м прогиб металлического или тросового ограждения, устанавливаемого между бровкой земляного полотна и внешним краем тротуара, не должен превышать расстояние между лицевой стороной недеформированного ограждения и бровкой земляного полотна (рисунок 1.90, б). Прогиб металлического ограждения на мостовом сооружении без тротуаров или служебных проходов не должен превышать 0,5 м (рисунок 1.90, в). Прогиб металлического или тросового ограждения на мостовом сооружении с тротуарами или служебными проходами принимают в зависимости от расположения (населенный пункт, вне населенного пункта) и ширины тротуара. Прогиб ограждения для разделения транспортных потоков встречного направления, устанавливаемых на проезжей части двух- и трехполосных дорог, не регламентируется.

3 *Рабочая ширина для дорожного ограждения* – максимальное допустимое динамическое боковое смещение кузова автомобиля, находящегося в нем груза или фрагмента ограждения (в зависимости от места установки ограждения) относительно лицевой поверхности балки (троса) недеформированного ограждения. Рабочая ширина не должна превышать расстояние от лицевой поверхности ограждения до массивного препятствия (рисунок 1.91, а), находящегося на обочине или за ее пределами на расстоянии менее 4 м от кромки проезжей части. Рабочая ширина для металлического или тросового ограждения, устанавливаемого на разделительной полосе автомобильных дорог, а также мостовых сооружений не должна превышать расстояния от лицевой поверхности балки ограждения (троса):

– до края проезжей части (рисунок 1.91, б) при установке ограждения посередине разделительной полосы шириной менее 2,5 м при отсутствии на ней массивных препятствий;

– до массивного препятствия при установке барьерного ограждения по боковым сторонам разделительной полосы (рисунок 1.91, в) при наличии на ней массивных препятствий.

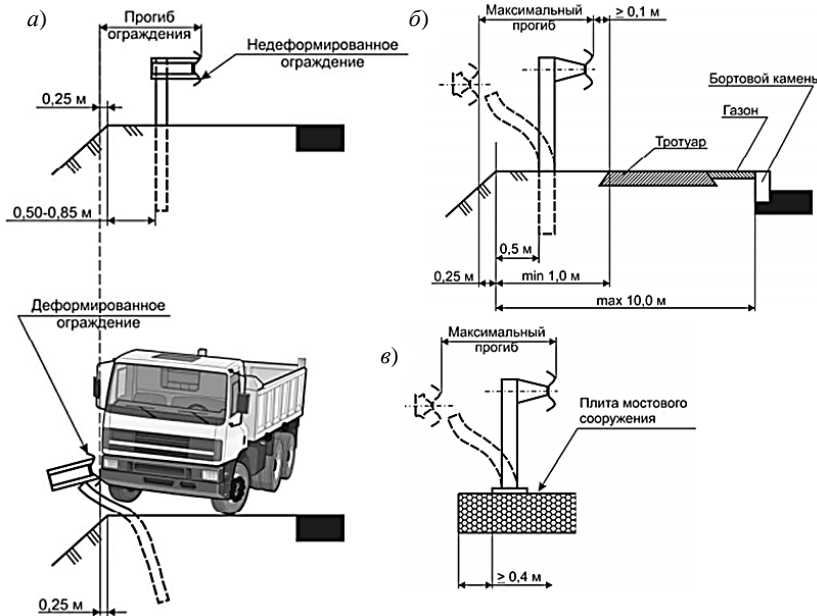


Рисунок 1.90 – Размер прогиба металлического или тросового ограждения

Рабочая ширина металлического или тросового ограждения, устанавливаемого на газоне, не должна превышать расстояние от лицевой поверхности ограждения до массивного препятствия на газоне, при его отсутствии – до ближнего края тротуара, но не более 3 м (рисунок 1.91, з). Рабочая же ширина металлического или тросового ограждения, устанавливаемого на тротуаре, не должна превышать 1,5 м при ширине тротуара 3 м и более. При меньшей ширине тротуара ее необходимо увеличить до 3 м. Если уширение тротуара невозможно, рабочая ширина не должна превышать расстояние от лицевой поверхности балки ограждения (троса) до оси тротуара (рисунок 1.91, д).

4 *Минимальная высота* – минимально допустимое расстояние в вертикальной плоскости от наиболее высокой точки ограждения до уровня обочины на дороге, покрытия на мостовом сооружении или разделительной полосе, измеренное у края ограждения со стороны проезжей части. Высота парапетного ограждения должна быть не менее 0,25 м при установленной скорости движения транспортных средств до 60 км/ч, не менее 0,4 м – при скорости от 60 до 90 км/ч, не менее 0,6 м – при скорости более 90 км/ч. На деревянных мостах устраивается колесоотбойный брус высотой не менее 0,25 м.

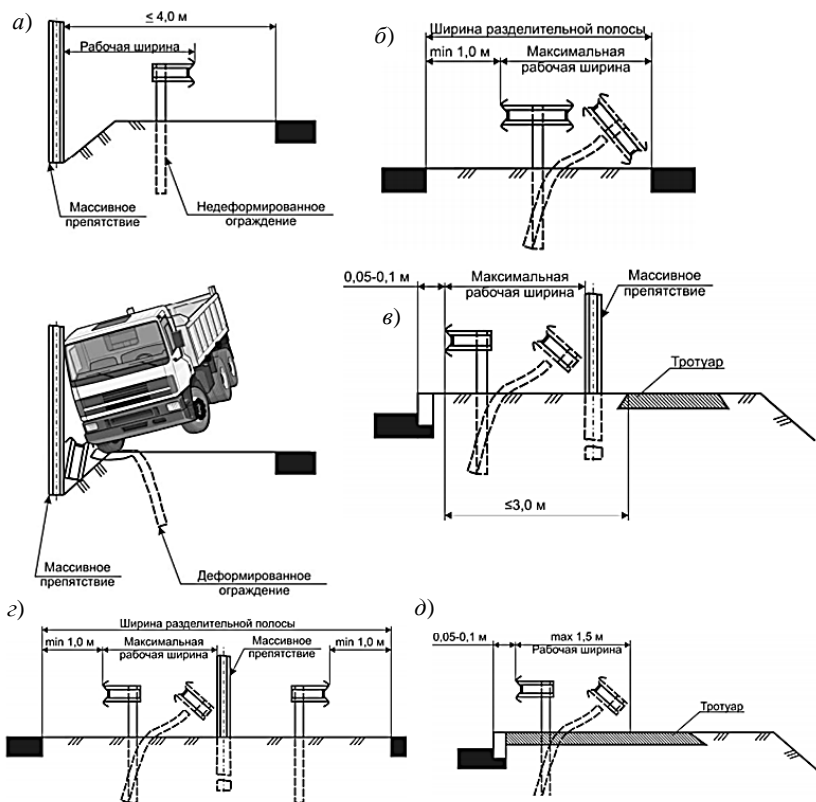


Рисунок 1.91 – Размер рабочей ширины металлического или тросового ограждения

**Правила применения и размещения дорожных ограждений.** Дорожные ограждения первой группы устанавливаются в различных местах в зависимости от сложности дорожных условий. В нормативе [10] установлены следующие категории сложности дорожных условий:

- «а» – на автомобильных дорогах вне населенных пунктов – 1-а и 2-а;
- «ам» – на мостовых сооружениях автомобильных дорог вне населенных пунктов – 1-ам, 2-ам, 3-ам.

Определены также условия отнесения дорожных условий к той или иной категории сложности и требования к степени удержания устанавливаемых ограждений первой группы. Так, например, прямой участок автомобильной дороги вне населенного пункта категории I-а с числом полос, равным 4, с продольным уклоном до 40 %, высотой насыпи не менее 4 м и перспективной

(на 5 лет) интенсивности движения автомобилей не менее 2000 авт./сут относятся к группе 1-а по сложности дорожных условий. Соответственно на таком участке ограждения первой группы должны устанавливаться на обочинах дорог, откосы насыпей которых круче 1:3, а степень удержания таких ограждений должна быть со значением, равным 250 кДж или более.

На обочине автомобильной дороги металлическое или тросовое ограждение устанавливают на расстоянии 0,50–0,85 м от бровки земляного полотна до стойки ограждения и не менее 1 м от кромки проезжей части до лицевой поверхности ограждения (рисунок 1.90, а, б). На разделительной полосе автомобильной дороги лицевую сторону металлического ограждения (троса) устанавливают на расстоянии не менее 1 м от кромки проезжей части (рисунки 1.90, б, з). На газоне металлическое или тросовое ограждение устанавливают на расстоянии 0,05–0,10 м от бортового камня до лицевой поверхности балки ограждения (рисунок 1.91, в). На тротуаре металлическое или тросовое ограждение устанавливают на расстоянии 0,05–0,10 м от бортового камня до лицевой поверхности ограждения (рисунки 1.91, в, д).

Правила применения и размещения дорожных ограждений второй группы. *Удерживающие* пешеходные ограждения (рисунок 1.92, а) применяют у внешнего края тротуара на мостовом сооружении, путепроводе, эстакаде или на насыпи высотой более 2 м при расположении края тротуара от бровки земляного полотна на расстоянии менее 1,5 м.



Рисунок 1.92 – Пешеходные ограждения:  
а – удерживающие, б – ограничивающие

*Ограничивающие* пешеходные ограждения перильного типа (рисунок 1.92, б) применяют (общие положения, относящиеся к дорогам):

- на центральной разделительной полосе или с противоположной стороны проезжей части напротив остановочных пунктов маршрутных транспортных средств в пределах остановочной площадки и на протяжении не менее 20 м от ее границ по ходу движения маршрутных транспортных средств;
- вдоль тротуара в транспортном тоннеле при интенсивности движения пешеходов более 100 чел./ч на одну полосу тротуара;

– напротив выходов из школ, детских культурных и спортивных сооружений, крупных пунктов массового тяготения (универмаги, стадионы, станции метро, рынки, и т. д.) на протяжении не менее 50 м;

– у наземных пешеходных переходов со светофорным регулированием с двух сторон дороги на протяжении не менее 50 м в каждую сторону от пешеходного перехода.

*Ограничивающие* пешеходные ограждения устанавливаются (рисунок 1.92, б):

– на тротуаре вдоль края проезжей части на расстоянии не менее 0,3 м от лицевой поверхности бортового камня;

– разделительной полосе между проезжей частью и тротуаром на расстоянии не менее 0,3 м от края тротуара;

– центральной разделительной полосе между проезжими частями встречных направлений на расстоянии не менее 0,3 м от кромки проезжей части (лицевой поверхности бортового камня);

– разделительной полосе между основной проезжей частью и местным проездом на расстоянии не менее 0,3 м от кромок проезжих частей (лицевых поверхностей бортовых камней).

Высота ограничивающих ограждений перильного типа должна быть 0,8 м. На центральной и боковых разделительных полосах вместо ограничивающих ограждений перильного типа допускается установка сеток высотой не менее 1,2 м.

Правила применения и размещения дорожных ограждений третьей группы. Защитные ограждения из сеток или решеток могут устанавливаться для предотвращения выхода животных на проезжую часть автомобильных дорог. Установка ограждения для предотвращения выхода домашних животных на проезжую часть автомобильных дорог осуществляется владельцами домашних животных. Конструкция и место размещения ограждений согласовываются с владельцами автомобильных дорог.

### 1.9.3 Автобусные остановки

Автобусные остановки предусматривают на автомобильных дорогах с регулярным движением маршрутных автобусов. На автомобильных дорогах I-б, I-в, II и III категорий автобусные остановки должны устраиваться не чаще чем через 1,5 км. На автомагистралях автобусные остановки не устраиваются. Они оборудуются остановочными и посадочными площадками со скамьями и урнами для мусора, а также павильонами или навесами для пассажиров с информацией о названии остановки и с устройством для размещения расписания движения автобусов.

Ширину остановочной площадки принимается равной ширине полосы движения. Остановочные площадки следует располагать в «карманах», с отгонами длиной не менее 15 м. Длина площадки принимается в зависимости от количества одновременно останавливающихся автобусов, но не менее 12 м.

Посадочные площадки должны быть приподняты на 0,2 м над поверхностью остановочных площадок. Поверхность посадочных площадок должна иметь монолитное или вымощенное покрытие на ширине не менее 2 м и длине, соответствующей длине остановочной площадки. Ближайшая грань павильона или навеса должна быть не ближе 3 м от кромки остановочной площадки.

От посадочных площадок в направлении основных потоков пассажиров проектируют пешеходные дорожки до существующих дорог.

Автобусные остановки вне населенных пунктов не располагают на кривых в плане и вертикальных выпуклых кривых с радиусами менее минимальных, определенных в соответствии с п. 5.3.2 [17], и при продольных уклонах более 40 ‰. Они располагаются по ходу движения после пешеходного перехода в одном уровне. При этом расположение пешеходного перехода не должно противоречить направлению движения основного потока прибывших пассажиров. Минимальное расстояние от автобусной остановки (посадочной площадки) до пешеходного перехода в одном уровне в случае его расположения после автобусной остановки всегда соответствует наименьшему расстоянию видимости согласно таблице 1.13.

При размещении автобусных остановок в зоне пересечений и примыканий дорог в одном уровне расстояние от конца закругления съезда до посадочной площадки, расположенной на той же стороне дороги, приняты следующие: для автомобильных дорог I-б, I-в, II и III категорий – не менее 100 м, IV категории – не менее 70 м. При размещении автобусных остановок у примыканий, расположенных с противоположной стороны автомобильной дороги, и у примыканий, на которых предусматривается только правоповоротное движение, расстояние от конца закругления съезда до посадочной площадки следует принимать не менее 30 м.

#### **1.9.4 Обслуживание участников дорожного движения**

Для обслуживания участников движения на автомобильных дорогах предназначены объекты сервиса: площадки отдыха, мотели, кемпинги, пункты питания, АЗС и СТО, а также технологическая связь для передачи оперативной информации дорожными службами, автоматизированными измерительными станциями и для вызова аварийных служб участниками движения. Сооружения сервиса обеспечивают возможность пользования ими лицами, передвигающимися в креслах-колясках и инвалидами по зрению. Площадки отдыха по уровню обустройства и занимаемой площади

подразделяются на малые (до 5000 м<sup>2</sup>), предназначенные для кратковременного отдыха, и большие (10000–15000 м<sup>2</sup>) – для длительного отдыха.

Площадки отдыха имеют участки для стоянки транспорта (функционально разделенные для грузовых, легковых автомобилей и автобусов) и зоны отдыха, оборудованные столиками со скамьями, урнами для мусора, туалетами временного (биотуалет) или постоянного (с электро- и водоснабжением, отоплением, канализацией) типа. Площадки отдыха, расположенные на дорогах категорий I-а, I-б и, как правило, I-в, оборудованы туалетами постоянного типа. Большие площадки отдыха, кроме этого, имеют источник воды, а расположенные на дорогах категории I-а – наружное освещение. Площадки отдыха должны быть озеленены и отделены зеленой зоной шириной не менее 10 м от дорог I-а, I-б, I-в и II категории и 4 м – от дорог III категории.

Малые площадки отдыха предусматривают на республиканских автомобильных дорогах в зависимости от их категории не реже чем через 10 км – на дорогах категории I-а, 15 км – I-б, I-в и II, 30 км – III [17].

Большие площадки отдыха размещаются на основных республиканских дорогах не реже чем через 30 км – на дорогах категории I-а, 40 км – I-в и II, 50 км – III.

На автомобильных дорогах с разделительной полосой площадки отдыха должны устраиваться с обеих сторон дороги. Въезды на площадки и выезды с площадок отдыха следует проектировать в соответствии с разделом 6 кодекса [17].

АЗС, СТО, мотели, сооружения ГАИ должны строиться по отдельным проектам, согласованным с дорожными службами. При АЗС, располагаемых на основных республиканских дорогах, предусмотрены большие площадки отдыха.

Устройство технологической связи следует, как правило, предусматривать на дорогах категории I-а, а при технико-экономическом обосновании – на дорогах I-б, I-в и II категорий.

### **1.9.5 Велосипедные и пешеходные дорожки, тротуары**

Велосипедные дорожки предусмотрены вдоль дорог на участках, где интенсивность движения автомобилей превышает 3000 ед/сут, а интенсивность движения велосипедов за первые 5 лет эксплуатации в час пик будет превышать 50 ед/ч. Они располагаются на отдельном земляном полотне или на специально устраиваемых бермах. В стесненных условиях и на подходах к искусственным сооружениям на дорогах I-б, I-в, II и III категорий допускается устройство велосипедных дорожек на дорожном полотне. В этом случае они должны быть отделены от проезжей части техническими средствами ОДД.

Ширина проезжей части однополосной велосипедной дорожки – 1,5 м, с двухсторонним движением – 2,25 м. Продольный уклон не должен превышать 40 ‰.

Пешеходные дорожки предусматриваются на участках дорог I-б, I-в и II–IV категорий, проходящих через населенные пункты, при количестве пешеходов более 200 чел./сут – на подходах к ним и у мест отдыха, а также в зонах автобусных остановок. Минимальная ширина тротуара или пешеходной дорожки принимается 1,0 м. При интенсивности пешеходного движения 50–200 чел./ч ширина тротуара или дорожки принимается 1,5 м с последующим увеличением на одну полосу шириной 0,75 м на каждые 200 чел./ч.

Пешеходные дорожки располагаются на отдельном земляном полотне или на специальных бормах. В стесненных условиях и на подходах к искусственным сооружениям допускается размещение пешеходной дорожки на дорожном полотне на расстоянии от кромки проезжей части не менее 2,0 м. В этом случае дорожка отделена от проезжей части техническими средствами ОДД (сигнальными столбиками, барьерными ограждениями). Тротуары, расположенные непосредственно у проезжей части, ограниченной бордюром, допускается проектировать только в населенных пунктах.

Покрытия велодорожек, пешеходных дорожек и тротуаров выполняются из монолитных материалов или мощением плиткой. Пешеходные дорожки и тротуары должны обеспечивать возможность беспрепятственного передвижения лиц в креслах-колясках и пешеходов с детскими колясками.

На пешеходных переходах, устраиваемых в одном уровне с проезжей частью, следует предусматривать накопительные площадки на обочинах, а на дорогах I-в категории – и островки безопасности на разделительной полосе шириной не менее обозначенного разметкой перехода. Покрытие площадок и островков безопасности должно отличаться по внешнему виду от покрытия проезжей части. Ограждение островков безопасности следует выполнять в соответствии с положениями стандарта [10].

Для организации и проведения работ по ремонту и содержанию дорог, сбору данных по движению автотранспорта могут сооружаться объекты дорожной службы: комплексы зданий и сооружений линейных дорожных дистанций, производственные базы, дорожно-измерительные станции.

На снегозаносимых участках с объемом снегоприноса более 25 м<sup>3</sup>/м, если по условиям местности или при реконструкции не представляется возможным выполнение требований п. 7.4.11 (возвышение бровки обочины над расчетным уровнем снегового покрова), п. 7.5.2 (откосы на снегозаносимых участках выемок) кодекса [17] или их выполнение связано со значительным увеличением объемов работ, следует рассматривать возможность устройства снегозадерживающих лесных полос или применения временных средств снегозащиты.



### 1.9.6 Пересечения автомобильных дорог с инженерными коммуникациями

Пересечения автомобильных дорог с подземными и надземными коммуникациями следует выполнять в соответствии с требованиями ТНПА на проектирование этих сооружений. Прокладка инженерных коммуникаций под земляным полотном, кроме мест их пересечений с дорогами, не допускается. Расстояние по горизонтали от бровки обочины дороги до основания опор надземных коммуникаций должно быть не менее высоты опоры плюс 5 м [17]. Опоры воздушных линий электропередачи, воздушных линий связи в стесненных условиях, создаваемых застройкой, наличием других инженерных коммуникаций, рельефом допускается располагать на меньшем удалении, при этом расстояние по горизонтали должно быть не менее, м:

- при пересечении от любой части опоры до подошвы насыпи (дна кювета):
  - для дорог I-а, I-б, I-в и II категорий: при напряжении до 220 кВ – 5; 330–500 кВ – 10;
  - для дорог остальных категорий: при напряжении до 20 кВ – 1,5; 35–220 кВ – 2,5; 330–500 кВ – 5;
- при параллельном следовании от крайнего провода при неотклоненном положении до бровки обочины: при напряжении до 20 кВ – 2; 35–100 кВ – 4; 150 кВ – 5; 220 кВ – 6; 330 кВ – 8; 500 кВ – 10.

Вертикальное расстояние от проводов воздушных линий связи до проезжей части дорог должно быть не менее, м: для радиотрасс 1 класса – 6; для прочих линий связи – 5,5.

Вертикальное расстояние от проводов воздушных линий электропередачи до проезжей части дорог следует принимать по таблице 1.28.

Таблица 1.28 – Вертикальное расстояние от проводов воздушных линий электропередачи [17]

Напряжение линии электропередачи, кВ	Расстояние, м
До I включ.	6 – для автомобильных дорог III–VI категорий
» I »	7 – для автомобильных дорог I и II категорий
Св. I до 110 включ.	7
» 110 до 150 »	7,5
» 150 » 220 »	8
» 220 » 330 »	8,5
» 330 » 500 »	9
» 500 » 750 »	16
<i>Примечание</i> – Расстояние определяется при наивысшей температуре воздуха без учета нагрева проводов электрическим током или при гололеде без ветра.	

В местах пересечений с воздушными линиями электропередачи напряжением 330 кВ и выше и с магистральными трубопроводами с рабочим дав-

лением св. 2,5 МПа на автомобильных дорогах необходимо предусматривать установку дорожных знаков, запрещающих остановку транспортных средств в охранной зоне этих коммуникаций. Охранная зона вдоль воздушных линий электропередачи устанавливается в виде воздушного пространства над землей, ограниченного параллельными вертикальными плоскостями, отстоящими по обе стороны от крайних проводов при неотклоненном их положении на расстоянии, м, при напряжении, кВ:

- до 20 включ. – 10;
- св. 20 до 35 включ. – 15;
- » 35 » 110 » – 20;
- » 110 » 220 » – 25;
- » 220 » 500 » – 30;
- » 500 » 750 » – 40.

В охранной зоне воздушных линий электропередачи напряжением 1 кВ, магистральных газопроводов с рабочим давлением св. 1,2 МПа, магистральных нефтепроводов и нефтепродуктопроводов запрещается размещать автобусные остановки, стоянки и площадки для отдыха.

### 1.9.7 Освещение автомобильных дорог

В практической деятельности по эксплуатации автомобильных дорог к их освещению установлены следующие общие **требования**:

– наружное электрическое освещение на автомобильных дорогах предусмотрено на участках дорог, проходящих через населенные пункты, на железнодорожных переездах в одном уровне, на кольцевых пересечениях в одном уровне и на больших мостах, в пешеходных тоннелях и на лестничных сходах перед ними, на автобусных остановках, включая пешеходный переход, при количестве останавливающихся в темное время суток автобусов более двух в час и выраженном потоке пассажиров на автомобильных дорогах I–б категории, а при наличии возможности использования существующих электрических сетей – и на автомобильных дорогах I–в–III категорий;

– средняя яркость покрытия<sup>1)</sup> проезжей части, вне пределов населенных пунктов должна быть 0,8 кд/м<sup>2</sup>, на соединительных ответвлениях узлов в пределах транспортных развязок – 0,4 кд/м<sup>2</sup>, а средняя горизонтальная освещенность покрытия<sup>2)</sup> – 15 и 10 лк соответственно. Отношение

---

<sup>1)</sup> Средняя яркость дорожного покрытия – средневзвешенная по площади яркость сухого дорожного покрытия в направлении глаз наблюдателя, находящегося на оси проезжей части дороги, измеряемая в канделах на квадратный метр (кд/м<sup>2</sup>).

<sup>2)</sup> Освещенность покрытия (от лат. lux – свет) (лк) – единица СИ освещенности; 1 лк равен освещенности покрытия (поверхности) площадью 1 м<sup>2</sup> при световом потоке нормально падающего на неё излучения, равном 1 люмену.

максимальной яркости покрытия проезжей части дороги к минимальной должно быть не более 3:1 при норме средней яркости более 0,6 кд/м<sup>2</sup> и 5:1 – при норме средней яркости менее 0,6 кд/м<sup>2</sup>;

– освещение участков дорог в пределах населенных пунктов, пешеходных тоннелей следует выполнять в соответствии с требованиями нормативов [20], а освещение железнодорожных переездов в одном уровне – в соответствии с требованиями стандартов безопасности труда на железнодорожном транспорте;

– опоры освещения вне населенных пунктов располагают на расстоянии не менее 4 м от кромки проезжей части, при меньшем расстоянии следует предусматривать установку барьерных ограждений, а высоту установок светильников на опорах следует принимать не менее 6,5 м над проезжей частью автомобильных дорог.

**Автоматизированное управление системами освещения.** Системы освещения автомобильных дорог играют важную роль в обеспечении комфорта и безопасности участников движения. Современные системы автоматизированного управления освещением автомобильных дорог решают задачи обеспечения:

– бесперебойным освещением промышленных территорий, автотрасс и прочих объектов наземной транспортной инфраструктуры. Под бесперебойным освещением понимают минимальное время от момента выхода ламп из строя до восстановления их работоспособности (т. е. их замены);

– экономии электроэнергии, затрачиваемой на освещение (т.е. системные способы сокращения энергозатрат при обеспечении качества освещения);

– минимизации затрат на техническое обслуживание (т.е. замену ламп).

Основу существующих сетей освещения составляют автономно функционирующие фрагменты, управление которыми осуществляется с применением фотореле или таймеров. В качестве коммутационной аппаратуры для всей линии обычно используются контакторы или магнитные пускатели. Приборы учета электроэнергии – практически повсеместно однотарифные. Кроме того, достаточно часто, особенно в сельских районах, встречаются варианты сетей, совмещенных с сетями электроснабжения коммунально-бытового сектора (воздушные линии напряжением 0,38 кВ). В таких сетях управление осветительными приборами осуществляется индивидуально ручным выключателем, установленным на опоре воздушной линии, а оплата за потребленную электроэнергию взимается по усредненному количеству часов горения светильников, как правило, не соответствующему реальному режиму их работы. Контроль текущего расхода электроэнергии, режимов работы электрооборудования в таких сетях не ведется, что приводит к значительным нерациональным затратам бюджетных средств на оплату электроэнергии и дополнительным эксплуатационным расходам.

Резюмируя сказанное, можно заключить, что состояние сетей характеризуется:

- отсутствием централизованного мониторинга и управления режимами работы;
- отсутствием режимов энергосбережения;
- эксплуатацией морально устаревшего и изношенного оборудования;
- неэффективным учетом электроэнергии (однотарифный учет или расчетные схемы оплаты);
- высоким уровнем эксплуатационных затрат;
- распределением шкафов управления по большой территории;
- возможностью несанкционированного вмешательства в процесс управления из-за доступности оборудования шкафов управления для посторонних лиц;
- экологическими проблемами, возникающими при утилизации вышедших из строя ламп.

Автоматизация процессов управления в сетях освещения часто сводится к введению функций внешнего централизованного компьютерного управления с использованием проводных каналов связи, прокладываемых от центра управления до каждого шкафа управления линией освещения, а при невозможности такового – использование выделенных радиоканалов или сетей операторов мобильной связи для передачи команд управления. В этом случае включение и отключение сетей происходит централизованно и, как правило, объектом управления является вся линия освещения. Информативность диспетчерского персонала здесь связана с неоправданным ростом затрат на централизованную систему управления, а сбои в канале связи могут привести к полной потере управления линией освещения или фрагментом сети.

Мероприятия по энергосбережению при освещении автомобильных дорог в основном связаны с заменой ламп светильников на энергосберегающие и пофазным управлением линиями освещения (при этом светильники подключаются на разные фазы линий освещения через один). Следует отметить, что замена ламп в светильниках на энергосберегающие приносит ощутимый экономический эффект, а способ экономии электроэнергии за счет отключения одной фазы линии освещения в определенный период времени делает неравномерным освещенность территории и недопустим по существующим положениям СНиП в данной сфере.

Эффективное дистанционное управление режимами работы сетей освещения основано на применении GSM/GPRS-технологий и позволяет оперативно получать информацию о текущем состоянии оборудования и режимах его работы.

На сегодняшний день на рынке систем управления светотехническим оборудованием имеются отечественные и зарубежные разработки с широ-

ким диапазоном функциональных возможностей, в которых используются силовые провода для передачи команд управления светильниками, а для управления шкафами – GSM/GPRS-каналы операторов мобильной связи.

В последнее время используется *система автоматизированного управления освещением GSM-Control*, обеспечивающая более высокие показатели энергосбережения по сравнению с действовавшими ранее системами управления освещением на исследуемых участках. Интеллектуальная система управления производит точный учет времени работы ламп, что повышает точность прогнозов необходимости плановой замены ламп. Однако необходимо периодическое инспектирование территории для выявления перегоревших ламп. Блоки управления способны контролировать исправность ламп в цепи и статистически выявлять наличие перегоревших ламп при выходе из строя от 3 % ламп в цепи. Все датчики подключаются без нарушения существующей проводки (датчики трансформаторного типа), что приводит к быстрой и удобной установке системы управления даже на устаревшие сети.

**Энергосберегающие технологии в системах освещения.** Для целей освещения все чаще используются светодиоды, которые являются полупроводниковыми приборами, преобразующими электрический ток непосредственно в световое излучение, при этом они характеризуются низким энергопотреблением, а значит, обладают хорошим потенциалом в области энергосбережения. До настоящего времени одним из существенных препятствий на пути массового внедрения светодиодов в освещении была их высокая стоимость по сравнению с традиционными источниками света. Однако постепенное удешевление и повышение технических характеристик светодиодных изделий, а также насущная необходимость снижения энергопотребления позволяют уже сегодня применять эти энергосберегающие технологии. Область применения светодиодных прожекторов очень широка: от подсветки объектов архитектуры до освещения мостов, туннелей и других сложных участков дорог.

Почти все лампы, традиционно используемые в дорожном освещении, дают излучение в радиусе 360°. Эти лампы расходуют 80 % энергии на собственный нагрев. Светильники с такими лампами имеют рефлекторы для создания необходимой направленности излучения, где теряется порядка 35 % светового потока за счёт потерь света, излучаемого в рефлектор [16]. В последнее время часто производят замену ламп ДРЛ на лампы ДНаТЛ или светодиодные, которые представлены на рисунке 1.93. Однако имеются случаи, когда применение ламп ДНаТЛ, несмотря на увеличивающуюся освещённость, приводило к ослеплению участников движения (т. к. их освещённость превышает нормативную в 3–5 раз).



Рисунок 1.93 – Лампы ДРЛ (а), ДНаТЛ (б) и светодиодная лампа (в)

На практике зафиксировано значительное снижение светового потока ламп ДНаТЛ в процессе их эксплуатации. Снижение светового потока достигает 40–60 % от показателей новой лампы. Причем наибольшая скорость спада светового потока наблюдается в первые 100–200 ч эксплуатации лампы, т.е. в течение первого месяца работы. Основываясь на данной особенности работы ламп ДНаТ, в различной литературе рекомендуют производить их замену еще до выхода их из строя – через 4–6 месяцев.

Светодиодный светильник создает освещенность с более высокой контрастностью (в 400 раз выше, чем у газоразрядных ламп), что улучшает качество освещения объекта.

Сегодня для освещения дорог наиболее широко используются лампы ДРЛ, ДНаТЛ, обладающие узким спектром излучения, который не обеспечивает приемлемой цветопередачи. Их свет имеет характерную желтую окраску, что является существенным недостатком ламп этого класса.

Многие исследования показали, что белый свет имеет преимущества перед другим освещением:

- улучшает ночное видение от 40 до 100 % относительно освещения другого спектра;
- улучшает цветовое восприятие (цветопередачу), что, в свою очередь, увеличивает контраст изображения и восприятия глубины пространства.

Практический опыт показал, что по мере старения некоторые натриевые лампы начинают «мигать», т.е. лампа включается, разогревается как обычно, потом вдруг гаснет и через минуту все повторяется. Указанные неблагоприятные факторы особенно начинают сказываться при минусовых температурах. И лампу, которая летом еще могла бы светить, в наиболее неудобный для проведения ремонтных работ период – зимой, необходимо менять.

Отслужившую лампу необходимо отправить на утилизацию, что требует дополнительных денежных затрат. Утечка ртути или других газов из лампы при ее повреждении приведет к возникновению экологических проблем (негативное влияние на здоровье людей, загрязнение окружающей среды и т.п.). Так, любая ртутная лампа содержит до 100 мг сильнодействующего вещества – паров ртути. Предельно допустимая концентрация<sup>1)</sup> этих паров равняется 0,0003 мг/м<sup>3</sup>. К тому же эта опасная проблема остается, если возникает бой ламп при транспортировке и эксплуатации.

Аналогично и горелка лампы ДНаТЛ содержит натриево-ртутную амальгаму и ксенон для зажигания разряда, что также не является экологически чистым выходом из проблемы.

Светодиодные светильники являются экологически чистыми и не требуют специальных условий по обслуживанию и утилизации. Срок их службы значительно превышает существующие аналоги (срок непрерывной работы светильника не менее 80 тыс. ч, что эквивалентно 25 годам эксплуатации при 10-часовой работе в день). Причем это не срок, когда светодиод выходит из строя, а снижение за это время его светового потока до 50 %.

Имеются и другие экономические выгоды. Так, согласно нормативу [16], в ночное время для дополнительной экономии электроэнергии допускается снижение освещенности дорог в два раза. Светодиодные светильники позволяют регулировать освещенность снижением питающего напряжения (традиционные светильники на газоразрядных лампах этого не допускают, при снижении напряжения они выключатся). Наличие переключателя потребляемой мощности на подстанции позволяет, без расширения номенклатуры светильников, получать различные нормы освещенности.

*Преимущества применения светильников со светодиодными лампами:*

- высокая световая отдача<sup>2)</sup> (100–150 лм/Вт);
- малое энергопотребление (Вт);
- высокие значения КПД световых приборов и коэффициентов использования светового потока в осветительных установках;
- высокая долговечность (более 10 лет непрерывной работы);
- отсутствие пульсации светового потока;

---

<sup>1)</sup> *Предельно допустимая концентрация* – норматив – количество вредного вещества в компонентах окружающей среды (воде, воздухе, почве), при постоянном контакте или при воздействии за определенный промежуток времени практически не влияющее на здоровье человека и не вызывающее неблагоприятных последствий у его потомства. Устанавливается в законодательном порядке или рекомендуется компетентными учреждениями.

<sup>2)</sup> *Световая отдача источника света* – отношение излучаемого источником светового потока к потребляемой им мощности. В СИ измеряется в люменах на ватт (лм/Вт). Является показателем эффективности и экономичности источников света.

- возможность получения излучения различного спектрального состава;
- возможность снижения коэффициента запаса осветительных установок благодаря стабильности характеристик и высокому сроку службы;
- высокая устойчивость к внешним воздействиям (температуре, вибрации, ударам, влажности);
- электро- и взрывобезопасность;
- высокая степень управляемости (возможность построения систем многоуровневого управления освещением);
- высокая технологичность при массовом производстве;
- низкие затраты на упаковку и транспортировку и др.

Те вопросы, которые возникают при внедрении светодиодов (как и у всякой новой технологии), вполне решаемы, а главное – дают необходимый энергосберегающий эффект, способствуя общему повышению использования топливно-энергетических ресурсов на территории их применения.

**Применение энергосберегающих технологий в области обеспечения безопасности дорожного движения.** По данным статистики, значительное количество ДТП в Республике Беларусь связаны с наездом на пешеходов, из них около 40 % совершается в темное время суток. Основной причиной является плохая видимость, водителям в сумеречное и ночное время сложно заметить пешехода и сам пешеходный переход, несмотря на наличие дорожного знака. Наилучшим решением, позволяющим снизить количество наездов на пешеходных переходах, является установка светофоров типа Т.7, мигающих желтым сигналом, и обеспечение дополнительного освещения зоны пешеходного перехода. Освещенность зоны пешеходного перехода должна быть выше на 20–25 %, чем дороги. Но установка светофоров и светильников требует больших капитальных затрат на подведение электроэнергии и затрат на эксплуатацию и оплату энергии. На многих участках дорог, особенно вне населенных пунктов, подвести электроэнергию практически невозможно.

В данном случае возможно использование автономного *Комплекта освещения пешеходного перехода со светофором Т.7 на солнечных батареях STGM*, который для работы не требует подключения к электрической сети и работает от солнечной энергии (рисунок 1.94).

Комплект STGM предназначен для идентификации и освещения пешеходного перехода. В состав комплекта входит светофор типа Т.7 с миганием желтого сигнала и светодиодный светильник направленного света, оснащенный датчиком движения и датчиком освещенности. Светильник включается в темное время суток при появлении пешехода в зоне пешеходного перехода и выключается через несколько минут, после того как пешеход покинет переход (рисунок 1.95).

Комплект STGM обеспечивает комплексное решение идентификации и освещения пешеходного перехода и пешеходов на переходе при минималь-



ных затратах и вообрал в себя самые современные технологии: светодиоды, солнечные батареи, эффективные гелиевые аккумуляторы и микропроцессорные контроллеры. Он особенно выгоден на тех участках, где затруднен или невозможен подвод электросети: междугородных магистралях, дорогах вне населенных пунктов.



Рисунок 1.94 – Комплект освещения пешеходного перехода со светофором Т.7 на солнечных батареях STGM-95/65



Рисунок 1.95 – Работа комплекта освещения пешеходного перехода в темное время суток

Комплект STGM работает автономно, без обслуживания в течение 8 лет, обладая рядом преимуществ:

- не требует подключения к электрической сети и прокладки кабеля;
- не потребляет электрическую энергию от электросети;
- работает в автоматическом режиме, не требует регулировки и обслуживания;
- мощная солнечная батарея, гелиевый аккумулятор большой ёмкости и мультипрограммный контроллер обеспечивают надежную работу при любых условиях даже в «темное» время года;
- гелиевый АКБ с повышенным количеством циклов «заряд – разряд»;
- многократно уменьшает капитальные затраты на оборудование пешеходных переходов светофорами и освещением.

*Светодиодные знаки* все чаще используются на автомобильных дорогах. Их изготавливают из оцинкованной стали. Иногда знак имеет цельный корпус, а иногда светодиоды крепятся непосредственно к металлическому листу, из которого сделан знак. Сама импульсная стрелка крепится к основе методом аппликации. Так как светодиоды работают от электричества, то такому знаку необходим источник питания. Им может быть как обычный аккумулятор с напряжением 12 В, так и обычная электросеть с напряжением 220 В, в этом случае потребуется адаптер на 12 В.

Использование светодиодов позволяет выводить на знаке любую нужную информацию, допустим, о дорожных заторах или ограничении скорости. Благодаря излучающим свет диодам такой знак отлично виден издалека и в любую погоду. Информация на знаке может меняться с помощью компьютера, который подключен к знаку посредством кабеля или вручную при помощи встроенных переключателей.

Светодиодные знаки бывают очень эффективны при размещении их на сложных участках дорог, в таких местах, где ведутся ремонтные работы или если требуется донести до водителей важную информацию. Обычный дорожный знак порой можно не заметить, так как, несмотря на то, что он обладает световозвращающими свойствами, ночью его можно заметить, только если на него попадает свет фар автомобиля. Достаточно знаку немного сместиться – и в темноте водитель попросту его не увидит. Светодиодный же дорожный знак очень трудно не заметить. Он виден с очень большого расстояния и с разных углов зрения. Это дает водителям возможность заранее принять все необходимые меры безопасности и приготовиться к прохождению проблемного участка трассы.

Все чаще светодиодные знаки стали использовать и на автомагистралях, здесь они часто выполняют информационную функцию. Существует несколько типов таких знаков, каждый из которых предназначен для конкретной цели. Например, светодиодный знак может показывать переменную информацию предупреждающего характера. Также дорожный знак может работать как информационное табло, предупреждая водителей, что на дороге туман, гололед и т. п. И, наконец, существует дорожный знак, который совмещает в себе качества двух предыдущих, выводя на экран как информацию предупреждающего характера, так и различные параметры движения и другое оповещение.

### **1.9.8 Озеленение автомобильных дорог**

**Озеленение автомобильных дорог** подразделяют на два основных вида:

- **защитное** – снегозащитное, противозерозионное, пескозащитное, шумогазопылезащитное;
- **декоративное**, используемое для архитектурно-художественного оформления автомобильных дорог.

*Снегозащитное озеленение* создают для защиты дорожного полотна от снежных заносов. По своему действию снегозащитные посадки представляют собой объемную преграду, внутри и вблизи которой снижается скорость ветра и происходит отложение снега.

*Противоэрозионное озеленение* применяют для защиты дорог от разрушительного воздействия стока атмосферных осадков и дефляционных ветров. Одной из эффективных мер противоэрозионной защиты грунтовых поверхностей является создание на них растительного покрова из трав с развитой корневой системой, которая проникает на глубину 20 см и более и в результате образует плотный и прочный дерновой слой. К противоэрозионному относят также озеленение, используемое для защиты дорог от разрушительного действия растущих оврагов, размыва и разрушения селевыми потоками, а также в целях борьбы с оползнями.

*Пескозащитное озеленение* служит для защиты автомобильных дорог от песчаных заносов и включает в себя создание древесно-кустарниковых насаждений (по схемам, аналогичным снегозащитным), а также закрепление прилегающих к дороге песков посевом трав. Пески закрепляют растительностью по обе стороны дороги, если ось совпадает с направлением движения песков или составляет с ним угол меньше  $30^\circ$ ; только с наветренной стороны дороги, если пески имеют явно выраженное наступательное движение, направленное к оси дороги под углом, большим  $30^\circ$ , при этом заносы с противоположной стороны невозможны.

*Шумогазопылезащитное озеленение* создают на участках дорог, проходящих через населенные пункты или вблизи них, рядом с территориями курортных зон, лечебных заведений, заповедников, заказников, национальных парков, а также через уголья, предназначенные для выращивания ценных сельскохозяйственных культур.

*Декоративное озеленение* применяют для усиления связи автомобильной дороги с окружающей природой. Вместе с тем декоративные посадки применяют и для обеспечения безопасности движения, а именно для обозначения трассы дороги на большом расстоянии, особенно за пределами фактической видимости поверхности проезжей части и для предупреждения водителей о примыканиях, перекрестках и др. По выполняемой роли и расположению декоративные посадки разделяют на основные посадки вдоль дороги (аллейные или рядовые), групповые посадки и смешанные (т. е. сочетающие основные и групповые посадки).

Озеленение следует использовать для полного декорирования или смягчения неэстетичных мест на трассе дороги или в окружающем ландшафте (например, оврагов, карьеров и др.). В отдельных случаях, наоборот, необходимо производить частичную вырубку деревьев для раскрытия перед пользователями дороги живописных пейзажей.

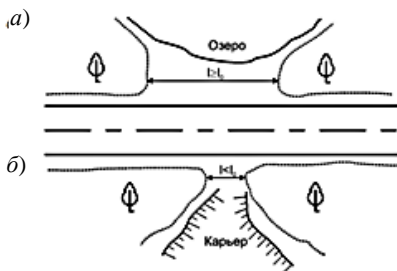
Предельное протяжение (вдоль дороги) разрывов в посадках или в существующей растительности необходимо принимать больше величин, указанных в таблице 1.29, с тем, чтобы эти разрывы были заметны (рисунок 1.96, *а*), и меньше в 1,2–1,5 раза, чтобы разрывы были незаметными (рисунок 1.96, *б*).

Таблица 1.29 – Предельное протяжение разрывов [63]

Категория автомобильной дороги	I	II	III	IV	V
Протяжение разрыва $l_p$ , м	150	120	100	80	60

Рисунок 1.96 – Назначение длины разрыва в посадках или расчистке зарослей [63]:

*а* – раскрытие вида на озеро;  
*б* – декорирование используемого карьера;  $l$  – фактическая длина разрыва, м;  $l_0$  – нормативная (табличная) длина разрыва



При проложении автомобильной дороги по лесу на протяжении более 10 км для нарушения однообразия лесной просеки необходимо предусматривать уширение просеки с соответствующим уширением полосы отвода для расчистки леса и устройства полян, которые следует использовать для сооружения на них стоянок и площадок отдыха. Протяжение полян вдоль дороги принимают на 20–30 м больше величин, указанных в таблице 1.30.

Однообразие лесной просеки на прямых участках устраняется путем сохранения на выпуклых переломах продольного профиля выступов растительности протяжением от 10 до 40 м, приближенных на 6–10 м к кромке проезжей части. Такие выступы следует создавать посредством оставления при вырубке просеки 3–4 крупных экземпляров деревьев или путем посадки их вновь (рисунок 1.97, *а*). Расстояние между такими декоративными «пятнами» посадок должно быть переменным (рисунок 1.97, *б*), но не менее табличных (нормативных) величин. В первую очередь для размещения такого декоративного озеленения выбирают выпуклости рельефа, наружную сторону закругления в плане, мелкие выемки.

Групповые посадки следует создавать из древесных, древесно-кустарниковых и кустарниковых пород. В группе посадок выделяют ее *ядро*, *внешний контур* и *опушку*. Ядро является композиционным центром группы, состоящим из 1–3 деревьев, доминирующих по высоте, силуэту, окраске или художественной значимости. Внешний контур составляют из деревьев мень-

шей величины. Для защиты группы посадок (в открытой местности) от высушивания и эрозии почвы, задержания снега и создания дополнительного фона необходимо создавать опушку (рисунок 1.98).

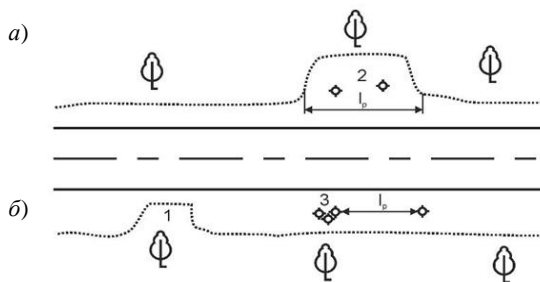
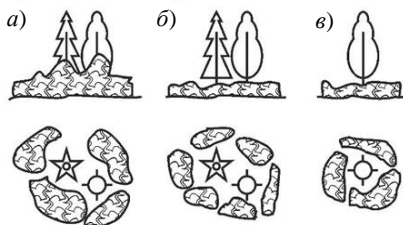


Рисунок 1.97 – Примеры устранения монотонности [63]:

*a* – устранение монотонности лесной просеки; *б* – устранение монотонности прямолинейного «коридора» придорожных посадок; 1 – «выступь»; 2 – расцветка «бухт» декоративных посадок; 3 – опушка просеки или аллея;  $l_p$  – протяженность разрыва, м

Рисунок 1.98 – Примеры групповых декоративных придорожных насаждений [63]:

*a* – с ядром из двух деревьев и высокого кустарника;  
*б* – с ядром из двух деревьев;  
*в* – с ядром из одного дерева

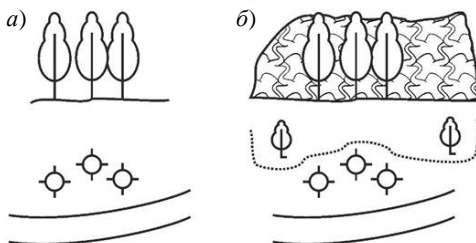


Вдоль дорог, не проходящих по ценным землям, в малонаселенной открытой местности на выпуклых переломах профиля следует создавать большие группы однородных посадок, хорошо видимых издалека – самостоятельные или сопутствующие группы (рисунок 1.99).

*Сопутствующие группы* (на фоне опушки леса, сада, в лесной просеке) необходимо создавать из трех-четырех одно- или разнородных деревьев либо из деревьев одной породы. Однородную группу деревьев необходимо окружать опушкой из 2–3 видов кустарников. В разнородной группе деревьев применяют опушку из кустарника одного вида. В смешанных группах посадок высокие кустарники 1-го класса следует помещать в центре или на заднем плане, а более низкие (2-го класса) – по опушке, со стороны дороги.

*Аллеиные посадки* необходимо создавать исключительно на коротких прямых участках в плане, а также на высоких насыпях, при проложении трассы в долинах реки на затапливаемых участках (как указатель направления дороги), в районах мелиорации или на подходах к городу, т. е. когда ландшафт уже содержит ряды посадок или пересечен четкими линиями каналов. Аллея обязательно должна вести к определенной, ясно различимой цели (город, мост и т. п.), и у нее заканчиваться.

Рисунок 1.99 – Групповые посадки из трех деревьев без опушки [63]:  
 а – самостоятельные;  
 б – сопутствующие



В открытой местности аллея не должна начинаться внезапно, ее следует начинать и заканчивать специально созданной «вступительной» группой посадок (разнопородная группа с ядром, внешним контуром посадок и опушкой).

Аллеи могут быть *однорядными* и *многорядными*; ряды посадок могут быть *однопородными* и *разнопородными*, но нежелательно составлять ряд более чем из четырех пород деревьев. Аллеи, относящиеся к историческим (возраст деревьев 50 лет и более), следует сохранять, предусматривая мероприятия по улучшению условий безопасности движения (вертикальная дорожная разметка по стандарту [8], установка световозвращающих элементов по нормативу [10], ограничение скорости и т. д.).

Высокие насыпи сопровождаются посадкой деревьев у их подошвы, уменьшающей кажущуюся высоту насыпи (при высоте насыпи до 6–10 м над уровнем местности и тем самым способствующей повышению уверенности при вождении автомобиля (рисунок 1.100). При высоте насыпи более 10 м следует осуществлять посадку аллеи деревьев на берме, устраиваемой на откосе насыпи. На обочинах посадка кустарника и деревьев не допускается.

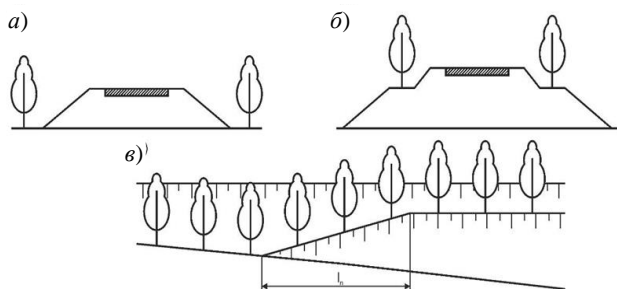


Рисунок 1.100 – Примеры озеленения высоких насыпей [63]:

а – при высоте насыпи 6–10 м; б – при высоте насыпи 10 м и более; в – устройство бермы при переходе от насыпи типа а к насыпи типа б (на равнине)

На пересечениях автомобильных дорог в разных уровнях ряды высоких деревьев необходимо размещать у подошвы насыпи, ведущей на путепро-

вод. Следует декорировать опоры путепровода (главным образом справа от нижней дороги, считая по ходу движения) и конусы насыпи посредством сгущения посадок деревьев и добавления опушки из кустарника.

В открытой местности на откосах выемки размещают однородные группы кустарников на автомобильных дорогах I категории на расстоянии от 60 до 70 м, II–IV категорий – от 50 до 40 м.

Группы деревьев на выпуклом переломе продольного профиля могут быть как бы «воротами», подготавливающими водителя и пассажиров к изменению придорожного ландшафта и восприятию нового архитектурного бассейна (рисунок 1.101). В открытой местности в этом случае необходимо высаживать низкие кустарники (опушка группы), в закрытой – опушка не требуется.

Посадки, предназначенные для зрительного ориентирования, могут быть в виде направляющих, барьерных, декорирующих и акцентирующих [63].

*Направляющие посадки* указывают на изменение направления проезда и, повторяя линии дороги, издали дают представление о степени крутизны поворота. Направляющие посадки, как правило, должны быть линейными, их размещают параллельно оси проезда на расстоянии 5–7 м от кромки проезжей части. Линия направляющих посадок должна зрительно перекрывать всю ширину движения, если смотреть на кривую с подходов к ней. На крутых поворотах в плане необходимо создавать два отдельных участка линейных посадок на продолжении правой полосы движения, а на менее крутых поворотах (большой радиус, незначительный угол поворота) – одну большую линию посадок с наружной стороны закругления.

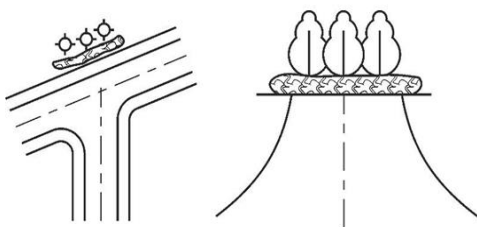


Рисунок 1.101 –  
Озеленение выпуклого  
перелома продольного  
профиля [63]

В отдельных случаях, при наличии необходимой неиспользуемой площади земель на длине кривой (кривой в плане или вертикальной кривой), возможно создание групповых направляющих посадок с кустарниковой опушкой, особенно целесообразной в открытой местности.

*Барьерные посадки* показывают или подчеркивают невозможность продолжения движения в том же направлении. Их располагают по тому же

принципу, что и направляющие посадки, стремясь зрительно перекрыть всю ширину прежнего направления движения. Они необходимы на развязках против каждого примыкания съездов к основной дороге, у примыканий и односторонних съездов вне развязок (на перегоне). Их размещают за пределами земляного полотна дороги со стороны, противоположной съезду.

*Декорирующие посадки* не должны отвлекать внимание водителей от наиболее важной или потенциально опасной в данном месте части дороги, не должны скрывать места, ухудшающие условия обеспечения безопасности движения.

При помощи *акцентирующих посадок* привлекают внимание к наиболее важным местам развязки, обозначают ими границы развязок, комплексов обслуживания, начало переходно-скоростных полос у съездов или остановочных пунктов МПТ. Такие посадки могут быть только групповыми. В них применяются породы растений с геометрически четкой формой кроны (например, пирамидальной), деревьев с яркими цветами или плодами.

Для озеленения и декорирования линейных дорожных зданий и сооружений применяют, помимо деревьев, живые изгороди, цветочное оформление и вертикальное озеленение оград, стен и балконов. Уход за декоративными насаждениями включает систематическое рыхление почвы и удаление сорняков в пределах приствольных кругов, декоративных групп растений и в живых изгородях, полив насаждений в засушливые периоды, удобрение и подкормку растений, обрезку и стрижку, борьбу с вредителями и болезнями. Технология работ по уходу за декоративными насаждениями должна соответствовать нормам и правилам, принятым в области благоустройства и озеленения. При этом подбор пород деревьев и кустарников производится с учетом условий местопроизрастания, снегозащитных свойств и биологических особенностей.

### **1.9.9 Организация придорожного сервиса**

Организация придорожного сервиса предполагает наличие в придорожной зоне предприятий, предназначенных для технического обслуживания автомобилей, кратковременного отдыха водителей и пассажиров, организации их качественного питания.

Техническое обслуживание автомобилей, выполняемое в условиях придорожного сервиса, включает смазочные, регулировочные, контрольно-диагностические, крепежные, заправочные и электротехнические работы.

Кратковременный отдых и питание водителей и пассажиров выполняется на площадках отдыха и площадках-стоянках, в кемпингах и мотелях, в комплексах придорожного обслуживания.



*Площадки отдыха и площадки-стоянки* предназначены для технического осмотра автомобиля и отдыха водителя и пассажиров. основополагающим принципом организации площадок для стоянок автомобилей является исключение из транспортного потока человека и автомобиля. При этом должна обеспечиваться возможность отдыха на свежем воздухе, а летом для туристов – достаточно продолжительные остановки для отдыха, купания; в жаркую погоду желательны наличие прохладной тени, осенью и весной, наоборот, – на солнце в укрытом от ветра месте.

*Кемпинг, мотель* – оборудованный летний лагерь для автотуристов с палатками или лёгкими домиками, местами для стоянки автомобилей (на общей стоянке или непосредственно у жилья) и туалетами. Функционирование кемпинга основано на самообслуживании. Он может также включать инфраструктуру сферы обслуживания, например магазины, автомойки, эстакады для осмотра и мойки автомобилей.

Размещение пунктов питания предусматривается в основном в населенных пунктах или в непосредственной близости от них, что обусловлено необходимостью максимального их приближения к источникам электроэнергии, теплоснабжения, водоснабжения и иным инженерным коммуникациям. Предприятия торговли и общественного питания, предназначенные для удовлетворения повседневного спроса пассажиров и водителей, проезжающих по дороге, включены в комплексы (АЗС, СТО, мотели и кемпинги, площадки отдыха).

*Комплексы обслуживания* – объединение объектов дорожного сервиса в различные виды комплексов, что позволяет увеличить перечень и улучшить качество оказываемых сервисных услуг, подводить общие коммуникации, объединять источники водо-, тепло- и энергоснабжения, строить общие бытовые помещения, подъезды и стоянки. Это дает возможность более эффективно использовать финансовые средства. Размещение новых объектов придорожного сервиса предусматривается в основном в виде комплексов, включающих в себя несколько типов объектов (например, гостиница, кафе, магазин, стоянка). Комплексы предназначены для кратковременных остановок и отдыха водителей и пассажиров без обеспечения условий для ночлега. На автомобильных дорогах международного значения и интенсивного передвижения автотуристов строятся комплексы с ночлегом. В состав всех комплексов обслуживания входит санитарно-гигиеническая зона, включающая устройство туалета и размещение контейнеров для сбора мусора. За основу размещения комплексов обслуживания по длине дороги принят модуль (длина участка дороги, соответствующая расстоянию между площадками отдыха).

## 1.10 Классификация и характеристика транспортно-эксплуатационных качеств автомобильных дорог

### 1.10.1 Общая классификация транспортно-эксплуатационных качеств автомобильных дорог

Современная автомобильная дорога представляет собой сложное инженерное сооружение, предназначенное для выполнения транспортной работы и обслуживания пользователей дорожных услуг – участников дорожного движения. С позиций потребителей наиболее важными являются транспортно-эксплуатационные качества дороги, которые обеспечивают непрерывность, оптимальную скорость, удобство и безопасность дорожного движения, высокую пропускную способность, возможность передвижения транспортных средств с допустимыми габаритными размерами, осевыми нагрузками и общей массой в любое время года и в любых погодных условиях, высокий уровень дорожного сервиса, удовлетворение эстетическим и экологическим требованиям и т. п.

**Транспортно-эксплуатационные качества** представляют собой комплекс показателей, характеризующих работу автомобильных дорог как транспортного сооружения: интенсивность, скорость и состав движения, пропускная и провозная способность, уровень аварийности, качество дорожного покрытия, время сообщения, себестоимость перевозок и т. д. Вся совокупность этих качеств объединена в четыре основные группы, характеризующие: транспортную работу, дорожную одежду, общее состояние автомобильной дороги и условия движения по ней и эффективность транспортной работы автомобильной дороги (таблица 1.30).

Транспортно-эксплуатационные качества автомобильных дорог характеризуют следующие показатели [34, 47, 62]:

– *интенсивность движения* (авт./с, авт./ч, авт./сут, авт./год) – это количество транспортных средств, проходящих через сечение дороги в единицу времени;

– *скорость движения* (м/с, км/ч) – важнейший параметр ТП<sup>1)</sup>, равный отношению расстояния ко времени, за которое оно было пройдено, и определяющий производительность дорожного движения;

– *состав ТП* – количественное или процентное соотношение разных типов автотранспортных средств в потоке, различающихся грузоподъемностью, колесными формулами, функциональным назначением, конструктивным исполнением на дорогах общей сети;

– *плотность ТП* (авт./км) – это количество автомобилей на километре дороги на все полосы движения в данный момент времени;

---

<sup>1)</sup> ТП – совокупность автотранспортных средств, движущихся по дороге.

Таблица 1.30 – Общая классификация транспортно-эксплуатационных качеств автомобильных дорог

Транспортная работа	Дорожная одежда	Общее состояние автомобильной дороги и условия движения по ней	Эффективность транспортной работы автомобильной дороги
Интенсивность движения	Прочность дорожной одежды	Надёжность автомобильной дороги	Себестоимость перевозок
Скорость движения		Проезжаемость автомобильной дороги	Дорожная составляющая себестоимости перевозок
Состав ТП	Шероховатость дорожного покрытия		
Плотность ТП	Ровность дорожного покрытия	Относительная аварийность	Потери в дорожном движении
Коэффициент загрузки движением	Коэффициент сцепления шины колеса автомобиля с дорожным покрытием	Коэффициент аварийности	Уровень обслуживания
Пропускная способность автомобильной дороги	Работоспособность дорожной одежды		
Объём движения		Износостойкость дорожного покрытия	Коэффициент безопасности
Провозная способность автомобильной дороги	Обеспеченность видимости на автомобильной дороге		
Грузонапряжённость автомобильной дороги	–	–	
Время сообщения			
Удельное время сообщения			

– *объём движения* (авт./месяц, авт./год) – суммарное количество транспортных средств, прошедших через данный участок дороги за определённый период времени (измеряют путем непрерывных наблюдений);

– *грузонапряжённость автомобильной дороги*:

- *брутто* (т/сут, т/год) – суммарная масса грузов и транспортных средств, прошедших по данному участку автомобильной дороги в обоих направлениях в единицу времени;

- *нетто* (т·км/сут, т·км/год) – общая масса грузов, перевезённых в единицу времени и на единицу пути;

– *пропускная способность автомобильной дороги* (авт./ч) – максимальное количество автомобилей, которое может пропустить данный участок автомобильной дороги или автомобильная дорога в целом в единицу времени;

## 1.10 Транспортно-эксплуатационные качества автомобильных дорог 179

– *провозная способность автомобильной дороги* (т/ч; пас./ч) – максимальная масса грузов или количество пассажиров, которые могут быть перевезены через данный участок автомобильной дороги в единицу времени;

– *коэффициент загрузки дороги движением* – коэффициент, характеризующий загрузку дороги движением. Определяется как отношение интенсивности дорожного движения на данном участке к пропускной способности дороги на этом участке. Является количественной характеристикой ТП;

– *время сообщения* (с, мин, ч) – продолжительность движения по рассматриваемому участку автомобильной дороги без учёта остановок в пути, с учетом только задержек, вызванных наличием других транспортных средств и ожиданием на перекрёстках;

– *удельное время сообщения* (мин/км) – средняя продолжительность проезда одного километра автомобильной дороги ТП; причем определяется на основе средней скорости сообщения;

– *прочность дорожной одежды* (МПа) – свойство конструкции, характеризующее ее способность воспринимать воздействие нагрузок в различные периоды года;

– *шероховатость дорожного покрытия* – наличие на поверхности дорожного покрытия неровностей, образуемых чередующимися выступами и впадинами, а также собственной шероховатостью каменных материалов или искусственно созданными бороздками на поверхности дорожного покрытия;

– *ровность дорожного покрытия* – качественная характеристика состояния покрытия, обратная величина неровности. Обычно представляется величиной неровности и является профильной характеристикой. Неровная поверхность покрытия через колебания воздействует на комфорт движения и увеличивает дорожные издержки транспортных средств. Ровность покрытия определяется как отклонение покрытия дорожной одежды от истинно плоской поверхности в пределах диапазона длин волн 0,5–50 м. Количественной характеристикой ровности является международный индекс ровности<sup>1)</sup>;

– *коэффициент сцепления шины колеса автомобиля с дорожным покрытием* – отношение результирующей реакции, возникающей в опорной плоскости касания колеса с поверхностью к соответствующему значению нормальной нагрузки, действующей на колесо;

– *работоспособность дорожной одежды* (брутто-т) – эксплуатационный показатель автомобильной дороги, показывающий суммарную массу пропущенных по дороге транспортных средств между капитальными ремонтами;

– *износостойкость дорожного покрытия* (мм/год) – показатель, характеризующий сопротивляемость дорожного покрытия воздействию автомобильного движения;

---

<sup>1)</sup> *Международный индекс ровности* – показатель продольной ровности дорожного покрытия, основанный на моделировании реакции эталонного транспортного средства, движущегося со скоростью 80 км/ч, на имеющиеся на проезжей части неровности.

– *надёжность автомобильной дороги* – показатель, характеризующий вероятность безотказной работы автомобильной дороги с точки зрения обеспечения расчётной скорости, пропускной способности, прочности и т. д.;

– *проезжаемость автомобильной дороги* – это транспортно-эксплуатационный показатель автомобильной дороги, определяющий возможность движения с заданной скоростью автомобилей, в том числе различных типов (легковых, тяжелых грузовых, автопоездов) в различные периоды года. Обеспечивается регулярным выполнением дорожно-ремонтных работ;

– *срок службы автомобильной дороги* – период времени от сдачи построенной дороги в эксплуатацию до её реконструкции или капитального ремонта;

– *относительная аварийность* (ДТП/млн авт) – показатель, характеризующий уровень аварийности на автомобильной дороге; выражается в количестве ДТП на миллион прошедших автомобилей. Позволяет оценить степень опасности отдельных участков автомобильной дороги;

– *коэффициент аварийности* – безразмерный показатель, применяемый для выявления опасных участков автомобильной дороги при различных условиях движения; представляет собой отношение количества ДТП на 1 млн км суммарного пробега автомобилей на каком-либо участке к количеству ДТП на эталонном<sup>1)</sup> участке;

– *коэффициент безопасности* – показатель, характеризующий опасность отдельных участков автомобильной дороги на основе изменения на них скоростного режима движения;

– *обеспеченность видимости на автомобильной дороге* (%) – показатель, характеризующий количество участков с необеспеченной видимостью по отношению к протяжённости автомобильной дороги;

– *себестоимость перевозок* (руб./1 т·км, руб./1 авт·ч, руб./1 авт·км) – показатель эффективности работы автотранспорта в рассматриваемых дорожных условиях;

– *дорожная составляющая себестоимости перевозок* – условный показатель, характеризующий долю расходов на ремонт и содержание автомобильных дорог в общей себестоимости перевозок;

– *транспортная составляющая себестоимости перевозок* – характеризует долю расходов непосредственно транспортных средств по обеспечению перевозок грузов и пассажиров;

---

<sup>1)</sup> Под *эталонными условиями* понимаются оптимальные условия движения, набор которых несколько отличается у разных исследователей, однако в общем сводятся к следующим: прямолинейный горизонтальный участок, погодные условия благоприятные, ровное шероховатое покрытие, укрепленные обочины шириной по 3 м, отсутствие на них препятствий, вызывающих снижение скорости, количество полос движения (в одном направлении) – 2 и более, ширина полосы – 3,75 м, расстояние видимости – более 350 м, ТП состоит только из легковых автомобилей и др.

– *потери в дорожном движении* – это социально-экономическая стоимость необязательных затрат (издержек) в процессе движения. Потери в дорожном движении подразделяются на четыре вида: *экономические, экологические, аварийные и социальные*;

– *уровень обслуживания* – это качественное состояние ТП, при котором устанавливается особый (характерный) комплекс условий его движения.

Основным методом оценки состояния автомобильной дороги является сравнение фактических значений показателей, характеризующих транспортно-эксплуатационные качества, с нормативными и/или проектными. Если значения каких-либо технических показателей не соответствуют нормативным требованиям, необходима разработка и реализация мероприятий по повышению тех или иных параметров.

Ниже рассмотрены основные транспортно-эксплуатационные качества, при этом большее внимание уделено тем из них, которые характеризуют транспортную работу, дорожную одежду и земляное полотно.

### **1.10.2 Транспортно-эксплуатационные качества автомобильных дорог, характеризующие транспортную работу**

**Интенсивность движения** – это самый главный параметр в дорожном движении, без него невозможно обойтись ни на одной стадии исследования. **Интенсивность движения** определяется по формуле

$$Q = \frac{n}{t}, \quad (1.41)$$

где  $n$  – число транспортных средств, прошедших сечение дороги, авт.;  $t$  – время измерения (при определении интенсивности движения на РПК за время измерения берется продолжительность цикла регулирования), ч.

Обычно за единицу времени при расчетах могут принимать (в зависимости от целей исследования): 1 секунду ( $q$ , авт./с); 1 час ( $Q$ , авт./ч); 1 сутки ( $Q_{сут}$ , авт./сут); 1 год ( $Q_g$ , авт./год).

Если известен средний интервал между движущимися автомобилями,  $T$ , с, то интенсивность движения [47]

$$Q = \frac{3600}{T}. \quad (1.42)$$

Интенсивность движения является случайной величиной, зависящей от целого ряда факторов и изменяющейся как в пространстве, так и во времени.

*Пространственная неравномерность* представляет собой распределение интенсивности движения по полосам проезжей части, участкам ДС рай-

она, области, региона, изображаемое с помощью *картограммы*, под которой понимается схема участка ДС в линиях, толщина которых в определенном масштабе соответствует величине интенсивности движения. Частным случаем картограммы является *планограмма*, применяемая для отражения распределения интенсивности движения на более мелких участках ДС (перекрестках, перегонах и т. д.). На рисунке 1.102 показан пример планограммы перекрестка с транзитными и поворотными направлениями движения транспортных средств (левоповоротные потоки со входов IV и II запрещены) и направлениями движения пешеходов, при этом толщина полос указывает величину интенсивности движения в масштабе.

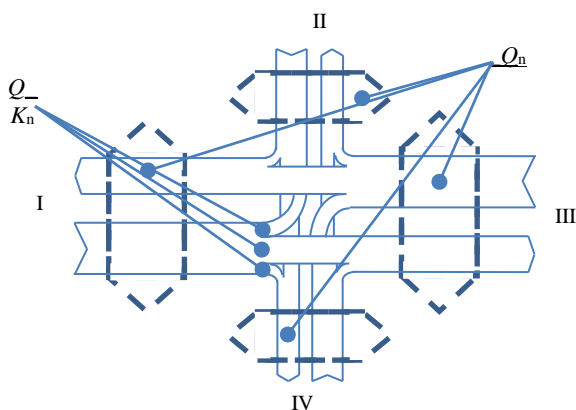


Рисунок 1.102 – Картограмма (планограмма) распределения интенсивности движения на перекрестке [47]: I–IV – номера входов на перекрестке;  $Q$ ,  $K_{II}$  – интенсивность движения и динамический коэффициент приведения ТП для каждого направления;  $Q_n$  – интенсивность движения пешеходов

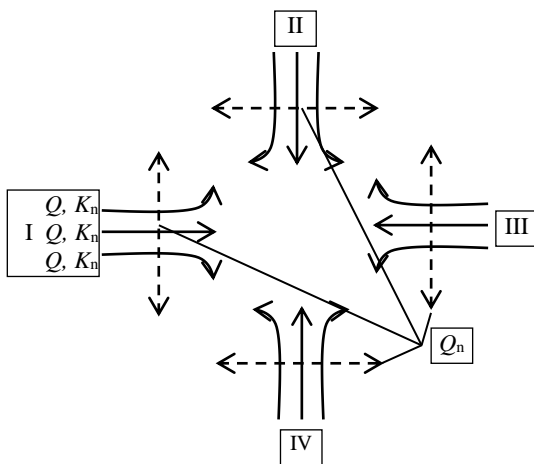
При проведении более детальных исследований указывается распределение интенсивности движения по каждой полосе движения (в том числе и для пешеходов – по каждому переходу, если речь идет о перекрестке). В таких случаях применяется так называемая *цифрограмма*, на которой направления движения указываются стрелками, а интенсивность движения и другие параметры – цифрами (рисунок 1.103).

*Распределение интенсивности движения по полосам* как за городом, так и в городских условиях, фактически обуславливает определенный уровень загрузки ДС, а также и многие другие характеристики дорожного движения. На городских улицах распределение интенсивности движения по полосам носит более сложный характер и является функцией количества стоящих на правой полосе транспортных средств, их габаритов, интенсивности поворотного движения, условий совершения поворотов, степени загрузки полос транзитного движения и т. д. Многочисленные исследования показали, что водители транспортных средств прямого направления выбирают для движения ту полосу, на которой, по их мнению, в данный момент

будут иметь место наименьшие задержки и число остановок. На многополосных участках с ростом интенсивности движения быстроходные автомобили перемещаются на левую, более скоростную полосу. Таким образом, на правой полосе остаются относительно тихоходные автомобили. Исходя из такого рода предпочтений и имея необходимые экспериментальные данные, можно ориентировочно определить распределение интенсивности движения на многополосных участках ДС.

Рисунок 1.103 – Цифрограмма распределения интенсивности движения на перекрестке:

I–IV – номера входов на перекрестке;  $Q$ ,  $K_n$  – интенсивность движения и динамический коэффициент приведения ТП для каждого направления;  $Q_n$  – интенсивность движения пешеходов



*Временная неравномерность* характеризует циклические изменения величины интенсивности движения по месяцам года, дням недели, часам суток, а также и за более короткие промежутки времени (например, при проведении более подробных исследований – за пятиминутные интервалы, световые циклы). В некоторых случаях представляет интерес изучение неравномерности интенсивности движения, связанной с какими-либо характерными периодами, например, утренним и вечерним, светлым или темным временем суток, началом и концом недели, летних отпусков и т. п.

Формой представления временной неравномерности является  $(t - Q)$ -график, где по оси абсцисс отложено время, а по оси ординат – абсолютные или относительные значения интенсивности движения.

Временная неравномерность интенсивности движения объясняется циклическим характером большинства поездок, что связано с образом жизни человека. В зимние месяцы интенсивность движения снижается, а в летние – повышается, при этом в середине лета в городе наблюдается некоторый спад интенсивности, а за городом, наоборот, заметный рост, что объясняется выездом части городского населения на период отпусков в загородные зоны. В городе, как правило, наиболее интенсивным днем недели явля-



ется пятница (вторая половина дня), что объясняется окончанием рабочей недели и массовым выездом за город. В выходные дни интенсивность в городе наименьшая, а за городом – наибольшая. При изменении интенсивности движения по часам суток в городских условиях имеет место два пика – утренний и вечерний; что же касается загородных дорог, то на них пиковые нагрузки не так заметны, и наибольшая интенсивность движения, как правило, приходится на вечерний пик.

**Скорость движения** является важнейшим качественным показателем транспортной работы автомобильной дороги и ее состояния. В зависимости от целей и задач, при решении которых используется показатель скорости движения, различают следующие ее разновидности [47, 62]:

– *расчетная* – максимально безопасная скорость движения одиночного автомобиля на сухом дорожном покрытии при достаточном расстоянии видимости, допускаемая на дороге рассматриваемой категории. Величину расчетной скорости движения используют для проектирования всех геометрических элементов автомобильных дорог и, в первую очередь, элементов плана и продольного профиля дороги;

– *мгновенная* – скорость, зафиксированная на коротком участке дороги (40–60 м) или в короткий промежуток времени (3–6 с). Данная скорость определяет кинетическую энергию автомобиля и, следовательно, величину его тормозного пути; она также определяет путь, пройденный за время реакции водителя и срабатывания тормозного привода; она же определяет время, предоставляемое водителю для осознания и оценки ДТС и принятия соответствующих решений; наконец, если ДТП произошло, она определяет характер и тяжесть последствий;

– *сообщения* – средняя скорость движения на 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. При технико-экономических расчетах данные о скоростях сообщения являются основными для обоснования мероприятий по улучшению условий движения;

– *техническая* – средняя скорость движения на маршруте без учета задержек, вызванных наличием пересечений в одном уровне, железнодорожных переездов или взаимным влиянием автомобилей в потоке, и определяется в основном размерами геометрических элементов дороги. По технической скорости движения можно оценивать комплексное влияние дорожных условий на скорость движения. Значение технической скорости движения во многом определяется видом транспортных средств, поэтому существенно зависит от состава движения;

– *конструктивная* – максимальная скорость движения, развиваемая автомобилем данной конструкции, и зависящая от типа автомобиля, удельной мощности его двигателя и других параметров;

– *крейсерская* – скорость, с которой водители стремятся ехать в данных условиях и при которой они чувствуют себя комфортно. В значительной мере она зависит от условий движения – состояния проезжей части, транспортно-пешеходной нагрузки, наличия и качества регулирования, мотивации водителя и т. д.;

– *оптимальная* – скорость движения, при которой обеспечиваются наиболее эффективные условия транспортной работы дороги и автомобильного транспорта, т. е. достигается некоторая цель с наименьшими затратами;

– *разрешенная* – скорость движения, разрешенная нормативными актами и ТСП на данном участке ДС;

– *безопасная* – скорость, при которой водитель в состоянии предпринять необходимые действия, для того чтобы избежать КФС или ДТП;

– *рекомендуемая* – скорость, с которой организаторы движения рекомендуют двигаться водителю на данном участке в данных условиях.

Существуют и другие разновидности скоростей движения, однако они носят условный и формальный характер. Факторы, влияющие на скорость движения можно разделить на пять групп: водитель; автомобиль; дорожные условия; окружающая среда (погодно-климатические факторы); ТП.

На выбор скорости движения влияют характеристики *водителя*: зрение, реакция, мотивация, самооценка, характер, опыт, состояние здоровья и т. п.

Группа *автомобиль* включает такие факторы, как тип транспортного средства, срок эксплуатации, динамические характеристики и др. (данные факторы рассмотрены ниже).

Наибольший интерес представляет влияние последних трех факторов. Что касается влияния ТП, то оно рассмотрено при исследовании взаимозависимостей между основными параметрами потока.

*Дорожные условия* в значительной мере влияют на скорость движения посредством геометрических элементов автомобильных дорог, показателей, характеризующих дорожную одежду и земляное полотно, степени оптимальности организации дорожного движения и т. п. Конкретнее под перечисленными группами факторов понимаются:

– расстояние видимости, продольный уклон, длина подъема, ширина проезжей части и полосы движения, наличие, ширина и состояние обочины, высота бортового камня, радиуса поворота и др.;

– ровности дорожного покрытия, величины коэффициента сцепления колеса с покрытием, износостойкости покрытия и др.;

– наличие перекрестков и расстояние между ними, наличие отдельно стоящих пешеходных переходов, припаркованных транспортных средств (в большей степени в неположенных местах) и др.

На рисунках 1.104–1.111 представлены для примера зависимости скорости движения от различных параметров:

– рисунок 1.104 – скорости движения от расстояния видимости, по которому видно, что величина изменения скорости движения тем меньше, чем больше расстояние видимости;

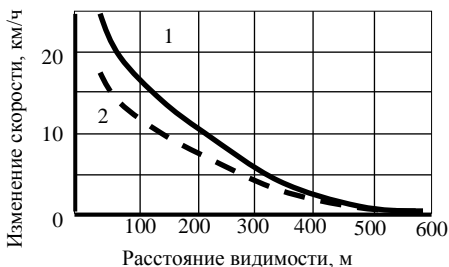
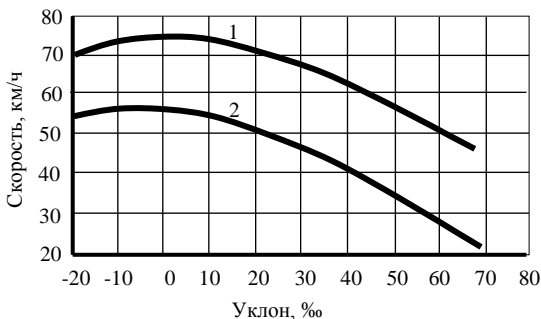


Рисунок 1.104 – Зависимость величины изменения (снижения) скорости движения от расстояния видимости [47]:  
1 – легковые; 2 – грузовые

– рисунок 1.105 – скорости движения от величины продольного уклона: с увеличением уклона скорость транспортного средства снижается, также видно, что темп снижения скорости на подъём больше, чем на спуск;

– рисунок 1.106 – скорости движения от длины подъёма – при увеличении длины подъёма и величины уклона скорость движения снижается (кроме случаев затяжных подъёмов и средних величин уклонов). Наиболее резкое падение скорости наблюдается на первых 200–300 м подъёма;

Рисунок 1.105 – Зависимость скорости движения от продольного уклона [61, 62]:  
1 – легковые автомобили;  
2 – грузовые автомобили



– рисунок 1.107 – скорости движения от ровности покрытия – чем меньше величина суммарной накопленной неровности, тем скорость, как правило, больше;

Рисунок 1.106 – Зависимость скорости движения от длины подъема [61]:  
 1 – для 50 ‰; 2 – 70 ‰

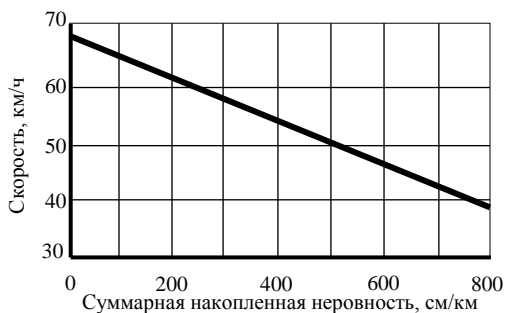
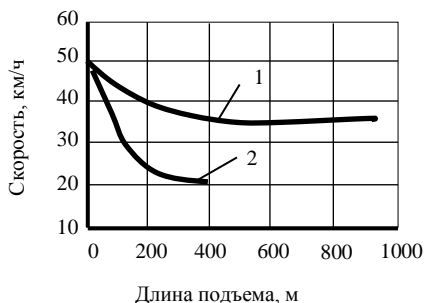
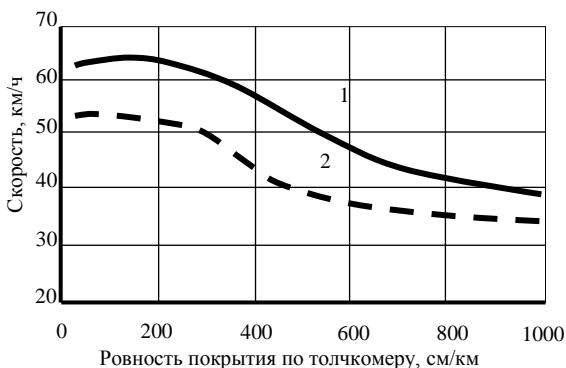


Рисунок 1.107 – Зависимость скорости движения от суммарной накопленной неровности покрытия [47]: суммарная накопленная неровность определяется как сумма вертикальных перемещений заднего моста автомобиля относительно кузова на участке автомобильной дороги протяженностью 1 км

– рисунок 1.108 – скорости движения от ровности покрытия (по данным толчкомера): чем больше величина показаний толчкомера, тем меньше показатель скорости 85 % обеспеченности и средняя скорость потока;

Рисунок 1.108 – Зависимость скорости движения от ровности покрытия (по данным толчкомера) [61]:  
 1 – кривая, соответствующая скорости 85 % обеспеченности;  
 2 – средней величине скорости потока



– рисунок 1.109 – скорости движения от ширины проезжей части: наблюдается существенное изменение (снижение) скорости движения вследствие уменьшения ширины проезжей части (причем в зимний период наблюдается снижение скорости еще на 25–30 %).

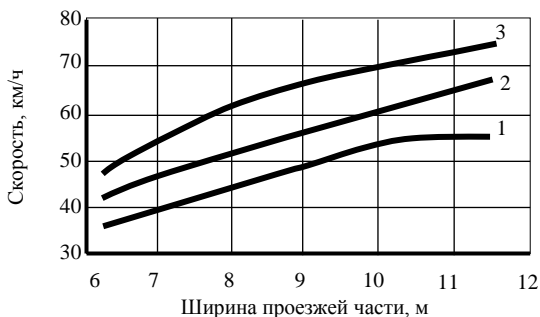


Рисунок 1.109 – Зависимость скорости движения от ширины проезжей части [61]:  
1 – кривая по скорости 50 % обеспечения;  
2 – 85 % обеспечения;  
3 – 95 % обеспечения

Некоторые исследователи для изучения зависимостей скорости движения от различных параметров (интенсивности движения, коэффициента сцепления, ровности, видимости и др.) предлагают пользоваться разного рода номограммами<sup>1)</sup>.

Существенные колебания скоростей движения могут быть связаны и с изменением *погодно-климатических факторов*. В свою очередь это вызывает изменение условий движения, и водитель должен прибегнуть к неблагоприятным режимам движения, с тем чтобы не попасть (или самому не спровоцировать) ДТП.

В течение даже короткого промежутка времени на одном и том же участке дороги зачастую отмечается резкое изменение величины скоростей по причине таких факторов, как туман, дождь, снег, ветер, гололедица и др. Однако, что еще хуже, как правило, данные факторы воздействуют на условия движения комплексно.

На рисунках 1.110 и 1.111 представлены зависимости скорости движения от метеорологической дальности видимости и бокового перемещения транспортного средства от величины скорости движения и скорости бокового ветра.

Чем больше дальность видимости, тем скорость движения больше, при этом темп увеличения скорости максимален для дальности видимости менее 300 м (при большем значении он существенно снижается). Данная динамика верна для видимости как поверхности дороги, так и встречного автомобиля.

<sup>1)</sup> *Номограмма* – графическое представление функции от нескольких переменных, позволяющее с помощью простых геометрических операций (например, прикладывания линейки) исследовать функциональные зависимости без вычислений.

Рисунок 1.110 – Зависимость скорости движения от метеорологической дальности видимости [47]:  
1 – видимость поверхности дороги; 2 – видимость встречного автомобиля

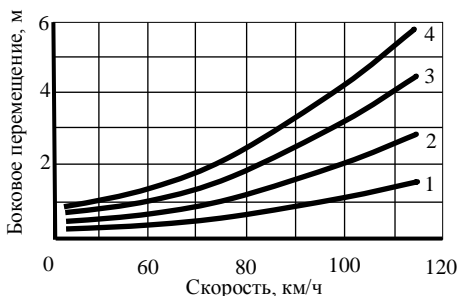
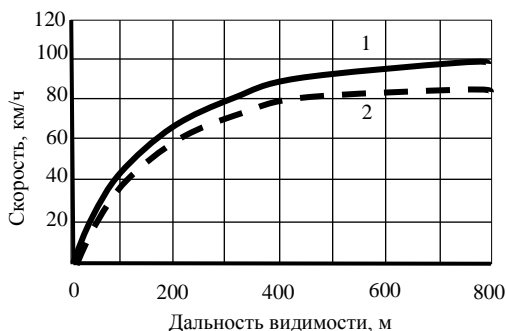


Рисунок 1.111 – Зависимость бокового перемещения транспортного средства от величины скорости движения при скорости бокового ветра [47]:  
1 – 5 м/с; 2 – 10 м/с;  
3 – 15 м/с; 4 – 20 м/с

На рисунке 1.111 видно, что наблюдается существенное увеличение бокового перемещения транспортного средства уже при скорости движения 80 км/ч и скорости ветра – 15 м/с.

Различают следующие типы транспортных средств: мотоциклы, мопеды, легковые, грузовые, микроавтобусы, тракторы, автопоезда, автобусы, троллейбусы, сочлененные автобусы и др. Различия между ними касаются габаритных размеров, нагрузки, создаваемой каждым типом на дорожное полотно, разгонной и тормозной динамики, маневренности и обзорности, величины перевозимого груза и количества пассажиров, стоимости эксплуатации, уровня загрязнения окружающей среды и т. п. Учитывая перечисленные обстоятельства, для приведения всех типов транспортных средств к единому – легковому автомобилю, в частности для определения интенсивности движения (в приведенных единицах), используются следующие основные коэффициенты приведения [47]:

– по динамическому габариту, который характеризует отношение динамического габарита данного типа транспортного средства к динами-

ческому габариту легкового автомобиля (по данным [47] при скорости 60 км/ч):

$$K_{пт} = \frac{L_{дi}}{L_{д.легк}}, \quad (1.43)$$

где  $L_{дi}$  – динамический габарит транспортных средств данной группы, м;

$L_{д.легк}$  – динамический габарит легкового автомобиля, м;

– *динамический (по потоку насыщения)<sup>1)</sup>*, характеризующий отношение времени освобождения стоп-линии с момента разрешения движения данным типом транспортного средства по отношению к легковому автомобилю:

$$K_{пн} = \frac{T_{ни}}{T_{н.легк}}, \quad (1.44)$$

где  $T_{ни}$  – средний интервал между данными типами транспортных средств при свободном рассасывании длинной очереди перед стоп-линией, с;  $T_{н.легк}$  – средний интервал между легковыми автомобилями при свободном рассасывании длинной очереди перед стоп-линией, с;

– *экономический*, который характеризует отношение суммарных экономических потерь от задержек, остановок, перепробега и перерасхода топлива при движении транспортных средств данной группы по отношению к аналогичным экономическим потерям легкового автомобиля:

$$K_{пэ} = \frac{\Pi_{эi}}{\Pi_{э.легк}}, \quad (1.45)$$

где  $\Pi_{эi}$  – экономические потери транспортных средств данной группы, руб.;

$\Pi_{э.легк}$  – экономические потери легкового автомобиля, руб.

Следовательно, в зависимости от целей расчета приведенная величина интенсивности движения будет определяться произведением физической интенсивности на какой-либо из трех коэффициентов.

Под *динамическим габаритом* понимается минимальное безопасное расстояние между двумя движущимися друг за другом автомобилями, замеренное по одноименным габаритным точкам. Таким образом, он представляет собой отрезок полосы дороги, который фактически занимает автомобиль при движении в ТП.

Для выполнения общепринятых расчетов в сфере дорожного движения достаточно разделения всех существующих типов транспортных средств на шесть групп, которые вместе со значениями вышеназванных коэффициентов представлены в таблице 1.31.

<sup>1)</sup> Понятие «потока насыщения» см. на с. 196 пособия.

Таблица 1.31 – Коэффициенты приведения транспортных средств [47, 62]

Тип транспортного средства	Группа	Индекс	$K_{пт}$	$K_{пн}$	$K_{пэ}$
Мотоциклы, мопеды, мотороллеры, мокики <sup>1)</sup>	Мотоциклы	М	0,5	0,7	0,5
Легковые, грузопассажирские, микроавтобусы	Легковые	Л	1,0	1,0	1,0
Грузовые, тракторы, самоходные сельскохозяйственные машины	Грузовые	Г	2,0	1,4	1,7
Автопоезда, тракторные поезда	Поезда	П	3,5	2,3	3,0
Автобусы, троллейбусы	Общественный	О	3,0	2,0	8,0
Сочлененные автобусы (троллейбусы)	Сочлененные	С	4,0	2,6	14,0

Необходимость приведения транспортных средств по динамическим показателям, и в первую очередь по разгонной динамике, обусловлена требованиями расчетов светофорного цикла и производительности на КПК, нерегулируемых перекрестках и при внутрифазных конфликтах на РПК и других объектах, а также при прогнозировании аварийности. Необходимость приведения по экономическим показателям обусловлена требованиями определения величины экономических потерь при оценке качества тех или иных решений. На сегодняшний день в начальной стадии находятся исследования по сопоставлению транспортных средств по уровню производимого экологического вреда. В некоторых литературных источниках приводятся разного рода экологические коэффициенты приведения транспортных средств, однако практически все они определены только по одному компоненту, например окиси углерода, что является, конечно же, недостаточным для полного учета экологического фактора в производимых расчетах [19].

Существуют следующие закономерности, связанные с соотношением транспортных средств в ТП [47, 62]:

- на загородных дорогах поток «тяжелее», чем в городе;
- в городе, ближе к его центру, поток становится более «легким» по сравнению с периферией;
- в городских условиях на правых полосах поток «тяжелее», особенно ближе к центру, поскольку ими пользуются преимущественно МПТ;
- в городских условиях на правых полосах в часы пик поток «самый тяжелый», т. к. интенсивность МПТ максимальна;
- по окончании рабочего дня с уходом грузового транспорта из города ТП становится «легче», и др.

<sup>1)</sup> *Мокик* – мопед с коробкой передач без велосипедного привода, запуск двигателя производится кик-стартером или электростартером, переключение передач осуществляется ножным рычагом или ручкой на руле.



Наряду с интенсивностью и скоростью плотность ТП является основным параметром в дорожном движении. Она оценивается числом автомобилей на один километр полосы дороги и характеризует условия движения в потоке:

$$\rho = \frac{n}{s}, \quad (1.46)$$

где  $\rho$  – плотность ТП, авт./км;  $n$  – число транспортных средств, находящихся на участке полосы автомобильной дороги, авт.;  $s$  – протяженность участка полосы, км.

Если известен пространственный интервал движения на полосе между транспортными средствами, то плотность

$$\rho = \frac{1000}{l}, \quad (1.47)$$

где  $l$  – интервал по длине, м.

Если в расчетах используется приведенное значение транспортных средств, то плотность потока

$$\rho_{пр} = \frac{nK_{п}}{s}, \quad (1.48)$$

где  $\rho_{пр}$  – приведенное значение плотности ТП, прив. ед./км;  $K_{п}$  – коэффициент приведения ТП (в качестве расчетного принимают динамический коэффициент приведения по потоку насыщения  $K_{пн}$ ).

Плотность зависит от многих факторов, которые определяют характер движения на участке ДС.

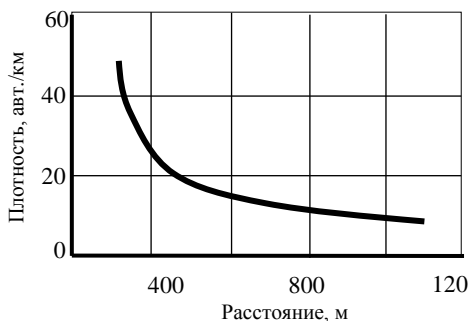
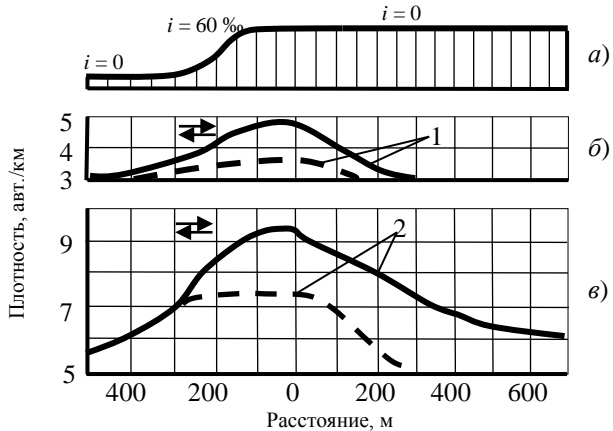


Рисунок 1.112 – Зависимость плотности ТП от частоты расположения РПК (расстояния между перекрестками) [47]

На рисунке 1.112 показано изменение плотности в зависимости от частоты расположения РПК, при этом диапазон изменения часовой интенсивности составил  $Q = 350..450$  авт./ч – чем больше расстояние между следующими друг за другом РПК, тем меньше плотность ТП. При изменении расстояния в диапазоне от 800 до 1100 м величина плотности изменяется незначительно и остается на уровне около 10 авт./км.

На рисунке 1.113 показано распределение плотности потока транспортных средств вдоль подъема при двух вариантах интенсивности движения – 150 и 400 авт./ч. Видно, что в обоих случаях при движении по полосе на подъем плотность больше, чем по полосе на спуск, т. к. в первом случае скорость транспортных средств снижается по причине малой видимости, и в обоих случаях максимум величины плотности приходится на точку конца подъема (если точнее, то за несколько десятков метров до нее).

Рисунок 1.113 –  
Распределение плотности потока транспортных средств вдоль подъема [47]:  
а – продольный профиль;  
б –  $Q = 150$  авт./ч;  
в –  $Q = 400$  авт./ч;  
1 – движение на подъем;  
2 – движение на спуск



Таким образом, *плотность ТП* характеризует условия движения в потоке автомобилей. Следовательно, чем выше плотность, тем стесненнее условия, ниже скорость, больше количество выполняемых маневров, выше вероятность КФС и, в конечном счете, ДТП. Некоторые исследователи, как зарубежные, так и отечественные, классифицируют условия движения в ТП в зависимости от величин плотности, скорости и интенсивности. Одним из универсальных показателей качества движения, вбирающим в себя все перечисленные выше, является *уровень обслуживания*<sup>1)</sup>. Под *уровнем обслуживания* понимают качественное состояние ТП, при котором устанавливается особый (характерный) комплекс условий движения. С уровнем обслуживания, как правило, связывают такие факторы, как скорость движения, продолжительность поездки, свобода маневра, безопасность движения, комфорт и удобство работы водителя и др.

Однако наибольшее распространение получила модель, предложенная Д. Дрю (США), состоящая из шести уровней обслуживания. В ней уровни

<sup>1)</sup> В некоторых источниках вместо понятия «уровня обслуживания» употребляется понятие «уровня удобства».

обслуживания определяются по плотности ТП, нормированной скорости  $v^0$  и нормированной интенсивности  $Q^0$ , численные значения которых предложены в таблице 1.32.

Таблица 1.32 – Параметры уровней обслуживания [47, 51]

Параметр, ед. изм.	Уровень (подуровень) обслуживания						
	A	B	C	D	E		F
					E1	E2	
$\rho$ , авт./км	0–7	7–12	12–20	20–30	30–37	37–45	>45
$v^0$	$\geq 0,91$	0,91–0,83	0,83–0,75	0,75–0,67	0,67–0,50	0,50–0,33	0,33–0
$Q^0$	$\leq 0,35$	0,35–0,55	0,55–0,75	0,75–0,89	0,89–1,00	$\approx 0$	0
<i>Примечания</i>							
1 $v^0$ – нормированная скорость движения, определяется как: $v^0 = v/v_f$ , где $v$ – фактическая средняя скорость потока, км/ч; $v_f$ – скорость свободного движения, км/ч.							
2 $Q^0$ – нормированная интенсивность движения, определяется как: $Q^0 = Q/Q_m$ , где $Q$ – фактическая интенсивность движения, авт./ч; $Q_m$ – максимальная интенсивность движения, авт./ч.							

Приведенные числовые границы не являются категоричными, они весьма условны и вблизи них состояние потока может в равной степени принадлежать как одному, так и другому уровню.

**Краткая характеристика уровней (подуровней) обслуживания** данной модели [47, 51]:

– *уровень обслуживания А.* Наблюдается движение свободного потока транспортных средств, в нем практически отсутствуют взаимные помехи и обгоны, а также движение плотных пачек. Скорость движения практически не ограничена ( $v^0 \geq 0,91$ ) и выбирается по желанию водителя (разумеется, в пределах общепринятых ограничений). Такой уровень обслуживания характерен больше для загородных дорог, например ранним утром. Так как плотность ТП очень мала (0–7 авт./км), то, несмотря на высокую скорость, величина транспортной работы также невелика ( $Q^0 \leq 0,35$ ), т. е. автомобильная дорога работает неэффективно. К тому же, по причине высокой скорости существует вероятность ДТП с тяжелыми последствиями;

– *уровень обслуживания В.* Характеризуется движением стабильного ТП с наличием значительного количества обгонов, при этом скорость снижается по сравнению с уровнем А и находится в пределах  $0,91 \geq v^0 \geq 0,83$ . Появляются отдельные пачки автомобилей, возникают первые, но незначительные ограничения при маневрировании. Такой уровень обслуживания на

автомобильной дороге аналогично предыдущему считается неэффективным ( $0,55 \geq Q^0 \geq 0,35$ );

– *уровень обслуживания С*. Имеет место ТП, характеризующийся как стабильный, однако интенсивность движения и плотность таковы, что возникают многочисленные пачки транспортных средств и заметно ограничивается свобода маневрирования ( $0,83 \geq v^0 \geq 0,75$ ). Плотность увеличивается до 20 авт./км. В городских условиях этот уровень признается удовлетворительным большинством водителей, хотя присутствует высокий уровень аварийности. Величина выполняемой транспортной работы находится в диапазоне  $0,75 \geq Q^0 \geq 0,55$ , что позволяет сделать вывод об эффективности работы дороги;

– *уровень обслуживания D*. Характеризуется потоком автомобилей, который приближается к нестабильному. Диапазон изменения скоростей составляет  $0,75 \geq v^0 \geq 0,67$ , и он все еще характеризуется на приемлемом уровне, но иногда внезапно и резко меняется. Свобода маневрирования и возможность нормальной езды находится на низком уровне, поскольку движение происходит в довольно протяженных и плотных (до 30 авт./км) пачках. Большинство водителей признают его неудовлетворительным, однако возможным (допустимым) в том числе и для городских условий. Согласно многим авторам именно этот уровень обслуживания называют наиболее экономически выгодным ( $0,89 \geq Q^0 \geq 0,75$ );

– *уровень обслуживания E*; подразделяется на два подуровня – *E1* и *E2*:

- *подуровень E1* характеризуется нормированной интенсивностью движения в пределах  $0,89 \geq Q^0 \geq 1,00$ . Движение нестабильно, скорость постоянно меняется ( $0,67 \geq v^0 \geq 0,50$ ), что приводит к образованию очень плотных пачек транспортных средств и практически полностью ограничивает возможности маневра. Плотность ТП достигает 37 авт./км, внутри пачек возникают частые КФС, и ДТП достигают максимальных значений. Водители испытывают значительные трудности в управлении автомобилем;

- *подуровень E2* является промежуточным от неустойчивого потока к напряженному, т. е. никогда не является долговременным и переходит либо в *E1*, либо в *F*. Плотность движения возрастает до 45 авт./км, появляются заторы, скорость движения еще более уменьшается ( $0,33 \geq v^0 \geq 0,50$ ), резко снижается производительность;

– *уровень обслуживания F*. Характеризует дорожное движение при напряженном ТП – плотность превышает 45 авт./км, скорость часто падает до нуля ( $0,33 \geq v^0 \geq 0$ ), интенсивность также падает до нуля, что со-

здает заторовые ситуации. Движение периодически возобновляется и затем, через некоторое время, снова прекращается. Такой уровень обслуживания характерен при перегрузке дороги и наблюдается в пиковые часы на подходах к перегруженным СФО или выездах на загородную дорогу. Часто его можно наблюдать на въездах в город при переходе загородной дороги в городскую улицу (имеется в виду, перед первым светофорным объектом).

Наряду с нормированной интенсивностью движения ( $Q^0$ ) этот коэффициент характеризует понятие «загрузка движением» и существенно **Коэффициент загрузки движением** влияет на условия движения в потоке, уровень обслуживания, аварийность. Он определяется как для регулируемых, так и для нерегулируемых условий движения [47]:

$$X_{\text{рег}} = \frac{Q}{q_n \lambda}, \quad (1.49)$$

где  $Q$  – фактическая интенсивность движения, авт./ч;  $q_n$  – поток насыщения, авт./ч;  $\lambda$  – доля ЗС в цикле регулирования.

$$X_{\text{нерег}} = \frac{Q}{Q_m}, \quad (1.50)$$

где  $Q_m$  – максимальная интенсивность движения, авт./ч.

*Поток насыщения* – это наибольшая средняя за время горения ЗС интенсивность убытия автомобилей от стоп-линии при рассасывании достаточно длинной очереди [47]:

$$q_n = \frac{n_{3C}}{t_{3C}}, \quad (1.51)$$

где  $n_{3C}$  – наибольшее количество автомобилей, прошедшее стоп-линию за время горения ЗС, авт.;  $t_{3C}$  – продолжительность горения ЗС в цикле регулирования, с.

Экспериментальным путем поток насыщения определяют следующим образом:

$$q_n = \frac{n_{\text{пр}}}{t_{\text{ро}}}, \quad (1.52)$$

где  $n_{\text{пр}}$  – приведенное количество транспортных средств в очереди, ед. Приведение осуществляется по динамическому габариту ( $K_{\text{пр}}$ );  $t_{\text{ро}}$  – время рассасывания очереди, состоящей из  $n \geq 3$  автомобилей.

Показатель загрузка движением характеризует уровень обслуживания, имеющийся на данном участке ДС. При загрузке  $X \geq 0,6$  (при отсутствии координации) наступает резкое ухудшение условий движения, увеличива-

ются все виды потерь, и водители неудовлетворительно принимают такие условия. Предельной считается загрузка в диапазоне  $0,8 \leq X \leq 0,85$ , поэтому следует искать возможные решения по перераспределению потоков по ДС или реконструкции данного участка.

Таким образом, оптимальные значения коэффициента загрузки для некоординированных ТП составляют около 0,6, а максимальная величина не превышает 0,85.

Следовательно:

- чем выше  $X$ , тем больше экономические и экологические потери от задержек и остановок транспорта. В этом плане оптимальными являются значения в пределах от 0,4 до 0,6 – в зависимости от назначения и особенностей полосы и/или направления;

- чем выше  $X$ , особенно, после  $X \geq 0,6$ , тем выше аварийность, поэтому желательно иметь значения  $X < 0,6$ ;

- чем меньше  $X$ , тем дороже стоит перекресток, тем меньше коэффициент полезного действия вложенных средств.

**Пропускная способность** определяется плотностью ТП и характеризуется количеством автомобилей на 1 км дороги или временным интервалом между автомобилями и скоростью его движения. Наибольшая пропускная способность при определенной скорости движения достигается при максимальной плотности ТП. Влияние на пропускную способность дороги оказывают те дорожные условия, которые приводят к снижению скорости движения.

Пропускная способность дороги (участка дороги) определяется пропускной способностью наиболее сложного или опасного участка. Факторами, снижающими пропускную способность полосы движения, являются: пересечения в одном уровне, сужения проезжей части, участки производства дорожных работ (ограничение скорости движения), СФО. Каждый из этих факторов учитывается коэффициентом снижения пропускной способности.

Зачастую понятие «пропускной способности» тесно связывается с понятием «динамического габарита или линейной безопасности», при этом последнюю определяют как вероятность непоявления столкновений с ударом сзади, вызванных именно недостаточной величиной дистанции безопасности. Приемлемый уровень линейной безопасности основан на строгом соблюдении дистанции безопасности, величина которой определяется исходя из фактических условий движения: скорости, скользкости проезжей части и допустимой нормативной разницы тормозных качеств транспортных средств, следующих друг за другом. Следовательно, совокупность условий, влияющих на аварийность, базируется не только на параметре линейной безопасности, но и на других не менее важных параметрах, которые вместе

описываются понятием «уровень обслуживания». Согласно такой позиции пропускную способность можно рассматривать как наибольшую интенсивность движения при данном уровне обслуживания [47].

Таким образом, наиболее верным и полным понятием является следующее: **пропускная способность** – это максимальное количество автомобилей, которое может пройти через сечение дороги в единицу времени с максимальной скоростью, обеспечивающей безопасность движения и определяемой в каждом конкретном случае состоянием проезжей части дороги, плотностью движения и иными дорожными условиями, а в целом – уровнем обслуживания.

Существуют две принципиально различные оценки пропускной способности: на перегоне и на пересечении дорог в одном уровне. В первом случае, например в «час пик», ТП можно считать непрерывным. Особенностью второго подхода является циклическая работа объекта, с тем чтобы создать интервал для движения с пересекающихся направлений.

При расчете пропускной способности реальной автомобильной дороги часто используют систему поправочных коэффициентов, учитывающих эксплуатационные условия. В общем виде

$$P = P_{\max} \beta_1 \beta_2 \dots \beta_n, \quad (1.53)$$

где  $P_{\max}$  – максимальная величина пропускной способности при эталонных условиях<sup>1)</sup>, авт./ч;  $\beta_1, \beta_2, \beta_n$  – частные коэффициенты, снижающие пропускную способность и характеризующие условия движения (ширину полосы движения, наличие неподвижных препятствий на обочине, состав ТП, величину и протяженность подъемов, наличие пересечений и т. п.).

При расчете рекомендуется исходить из следующих значений максимальной пропускной способности [17]: для двухполосной дороги – 2000 (в обоих направлениях); трехполосной – 4000 (в обоих направлениях); четырехполосной – 2000 (по одной полосе); шестиполосной – 2200 (по одной полосе); восьмиполосной – 2300 авт./сут (по одной полосе).

Результаты определения коэффициентов снижения пропускной способности оформляются в виде линейных графиков. Для их построения анализируют план и продольный профиль автомобильной дороги по каждому из показателей и выписывают значения соответствующего частного коэффициента снижения пропускной способности (таблица 1.33). Перемножение по вертикали для каждого участка всех частных коэффициентов дает значение итогового коэффициента снижения пропускной способности. При определении частных коэффициентов необходимо учитывать размеры зон влияния каждого из учитываемых факторов (к примеру: ширина полосы – в пределах каждого километра; наличие неподвижных препятствий на обочине – в пределах населенного пункта; состав ТП – в пределах каждого километра и т. п.).

---

<sup>1)</sup> См. сноску в п. 1.10.1 (с. 180) пособия.

Таблица 1.33 – Частные коэффициенты снижения пропускной способности [56]

Наименование показателя и обозначение коэффициента		Значения показателей и коэффициентов									
1	Ширина полосы движения, м	3,75		3,5		3,0					
	$\beta_1$	1		0,96		0,85					
2	Неподвижные препятствия на обочине (расстояние, м)	2,5	2,0	1,5	1,0	0,5	0				
	$\beta_2$	1,0	0,99	0,95	0,90	0,83	0,78				
3	Состав ТП (доля автопоездов в потоке), %	1		10		20		30			
	$\beta_3$	0,98		0,93		0,87		0,81			
4	Продольный уклон, ‰	20	30	40	50	60					
	$\beta_4$	0,92	0,91	0,83	0,75	0,64					
5	Расстояние видимости, м	<50		50–100		150–200		250–350			
	$\beta_5$	0,68		0,73		0,90		0,98			
6	Кривые в плане (радиус, м)	>600			450–250		<100				
	$\beta_6$	1,00			0,96		0,85				
7	Скорость движения, км/ч	60	50	30	20	10					
	$\beta_7$	1,0	0,98	0,88	0,76	0,44					
8	Пересечения в одном уровне при доле транспортных средств, выполняющих левый поворот, %	0		20		40		60		80	
	$\beta_8$	0,94		0,82		0,70		0,57		0,47	
9	Тип обочин	Укрепленные щебнем			Укрепленные засевом трав		Сухие неукрепл.				
	$\beta_9$	0,99			0,95		0,90				
10	Тип покрытия	Усовершенств. цемент.-бет., асф.-бет.	«Черное шоссе»	Брусчатая мостовая	Булыжная мостовая	Гравийное, щебеночное					
	$\beta_{10}$	0,9-1,0	0,80	0,50		0,42		0,35			
11	Боковые препятствия (остановочные пункты автобусов, площадки отдыха)	В стороне от дороги			На уширении проезжей части		На обочине				
	$\beta_{11}$	1			0,64		0,55				
12	Разметка проезжей части	Осевая			Дополнительная полоса на подъемах						
	$\beta_{12}$	1,02			1,3–1,5						
13	Дорожные знаки ограничения скорости, км/ч	60	50	30	20	10					
	$\beta_{13}$	1,00	0,98	0,88	0,76	0,44					
14	Ровность покрытия	Отл.		Хор.		Удовл.		Неудовл.			
	$\beta_{14}$	1,0		0,90		0,75		0,6			
15	Пешеходные дорожки в населенных пунктах	Есть			Отсутствуют						
	$\beta_{15}$	1,0			0,85						



Затем с помощью итогового коэффициента по формуле (1.28) определяют значение фактической величины пропускной способности на участке, что дает возможность для нахождения уровня загрузки (отношение приведенной интенсивности движения к фактической пропускной способности).

По результатам расчетов строятся графики пропускной способности и уровня загрузки дороги движением. Пример построения графика приведен на рисунке 1.114.

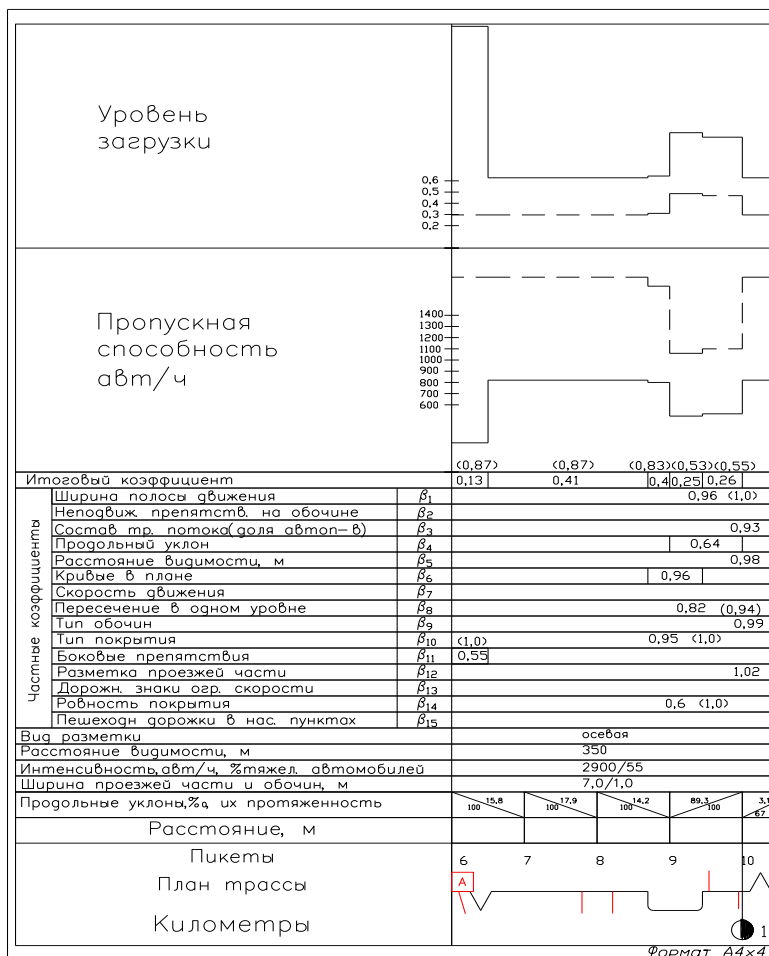


Рисунок 1.114 – Фрагмент графиков пропускной способности и уровня загрузки участка автомобильной дороги [56]

Далее по линейному графику определяют участки, на которых уровень загрузки превышает значение 0,6, и анализируют причины сложившегося положения.

Таким образом, линейные графики пропускной способности и загрузки движением дают объективную характеристику транспортно-эксплуатационного состояния автомобильной дороги, поэтому службы эксплуатации и организации дорожного движения должны иметь такие графики, чтобы обоснованно выбирать вид и очередность мероприятий по поддержанию высоких транспортных качеств дороги.

Пропускная способность полосы движения [47]

$$P_{\text{пол}} = \frac{3600\nu\varphi}{K_{\text{пн}}[\varphi(\nu + 7) + 0,015\nu^2]}, \quad (1.54)$$

где  $K_{\text{пн}}$  – динамический коэффициент приведения (по потоку насыщения);  $\varphi$  – коэффициент сцепления колеса с дорогой;  $\nu$  – фактическая скорость движения, м/с.

Последняя формула базируется на предположении равномерного движения ТП с интервалом между транспортными средствами, равным динамическому габариту.

Параметры, входящие в формулу (1.54), связывает графическая зависимость пропускной способности полосы от скорости движения и коэффициента сцепления колеса с дорогой (рисунок 1.115).

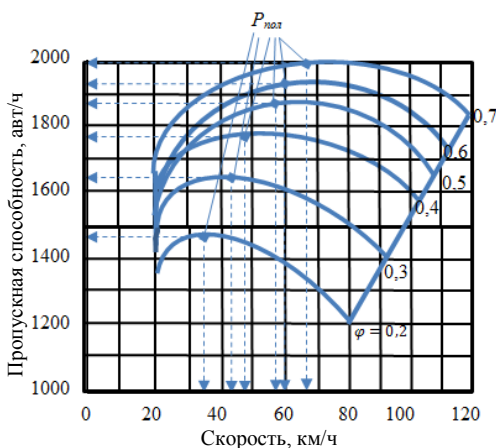


Рисунок 1.115 – Зависимость пропускной способности от скорости движения при различных значениях коэффициента сцепления  $\varphi$  [47, 62]

(стрелками показаны координаты частных точек  $\nu_{P_{\text{пол}}}$  и  $P_{\text{пол}}$ , соответствующие различным значениям коэффициента сцепления)

Заметим, что на нерегулируемом перекрестке наличие нагрузки, соответствующей или даже приближающейся к пропускной способности, – это

событие практически невозможное, т. к. увеличение интенсивности движения на второстепенных направлениях сразу же приведет к резкому росту уровня ДТП. Следовательно, еще до достижения таких характеристик данный перекресток должен будет быть переоборудован в регулируемый.

Значение пропускной способности полосы движения на РПК

$$P_{\text{пол}} = q_n \lambda, \quad (1.55)$$

где  $q_n$  – поток насыщения (см. параграф 9.2.5 пособия), авт./с. При расчетах можно приближенно принимать:  $q_n = 0,5$  авт./с;  $\lambda$  – доля ЗС в цикле регулирования для данного направления,

$$\lambda = \frac{t_z}{C}; \quad (1.56)$$

$t_z$  – продолжительность горения ЗС в данном направлении, с;  $C$  – продолжительность цикла регулирования, с.

Пропускная способность перекрестка

$$P_{\text{РПК}} = \sum_1^i (X_{\text{lim}} P_{\text{пол}})_i, \quad (1.57)$$

где  $i$  – число полос движения на исследуемом направлении, входе или перекрестке;  $X_{\text{lim}}$  – приемлемый (допустимый) коэффициент загрузки полосы движением.

Существуют следующие рекомендации, которые можно использовать для определения  $X_{\text{lim}}$  [47]:

– для главных направлений  $X_{\text{lim}}$  должен быть несколько ниже, чем для второстепенных. Чем больше разрыв в значимости направлений, тем большую разницу можно допустить в приемлемых значениях  $X_{\text{lim}}$ . В самом общем случае  $X_{\text{lim}1} \leq 0,6..0,7$ ;  $X_{\text{lim}2} \leq [X_{\text{lim}} + (0,1..0,3)]$  (с индексом 1 – главное направление, с индексом 2 – второстепенное);

– в некоторых случаях значения  $X_{\text{lim}}$  определяются исходя из длины очереди у стоп-линий, чтобы она не блокировала соседний (предыдущий) перекресток;

– в общем случае иногда допускают  $X_{\text{lim}1} \leq 0,85$ .

Существуют два подхода, с точек зрения которых можно исследовать зависимости между параметрами ТП [47]:

**Зависимости между основными параметрами ТП**

1) *макроскопический*: ТП рассматривается как целостный процесс, характеризующийся внешними параметрами, такими, как *интенсивность, скорость, плотность, энергия*. События, происходящие внутри потока, считаются малозначимыми и, как правило, не рассматриваются. Построенные на его основе модели движения называются макромоделями;

2) *микромодели*: события, рассматриваемые внутри потока, чаще всего связаны с изменением взаимного положения двух, следующих друг за другом, автомобилей в ТП. Он применяется при исследовании механизмов разного рода процессов, происходящих в плотных линейных потоках.

В обоих подходах исследуемые в них параметры могут быть как детерминированными, так и вероятностными величинами. Соответственно детерминированные модели получили наибольшее распространение из-за своей расчетной простоты, а вероятностные (или стохастические) в более сложных расчетах, использующих вероятностные характеристики исследуемых величин.

**Макромодели ТП.** В макромоделях ТП рассматривают *основную диаграмму ТП, метод ударных волн, энергетическую модель*.

Основная диаграмма ТП предусматривает исследование зависимости между средними значениями интенсивности, скорости и плотности [47, 51]:

$$Q = v\rho, \quad (1.58)$$

где  $Q$  – интенсивность движения, авт./ч;  $v$  – скорость движения, км/ч;  $\rho$  – плотность ТП, авт./км.

Интенсивность и скорость движения, которые легко можно измерить, являются независимыми переменными, а плотность – зависимой.

Соотношение (1.58) наглядно иллюстрируется графиком, получившим название «*основной диаграммы ТП*» (рисунок 1.116). На диаграмме по оси абсцисс отложена плотность, а по оси ординат – интенсивность движения, а тангенс угла наклона радиуса-вектора, проведенного из начала координат к любой точке на кривой, определяет скорость движения в этой точке (конечно, с учетом масштаба).

Разные исследования указывают на различные значения плотности затора  $\rho_m$  – от 93 до 125 авт./км. Большинство, однако, склоняются к цифре  $\rho_m \approx 100$  авт./км.

На диаграмме выделена характерная точка  $B$ . Она является фактически предельной при нормальных условиях движения и, как правило, рассматривается как пропускная способность полосы автомобильной дороги. Точка  $B$  характеризуется следующими параметрами:  $Q_B = 1800$  авт./ч,  $\rho_B \approx 30$  авт./км и  $v_B \approx 60$  км/ч.

Следовательно, при плотностях ТП, меньших значения  $\rho_{Qm}$ , существуют нормальные условия движения, а при плотностях больше  $\rho_{Qm}$  наблюдается возникновение заторов.

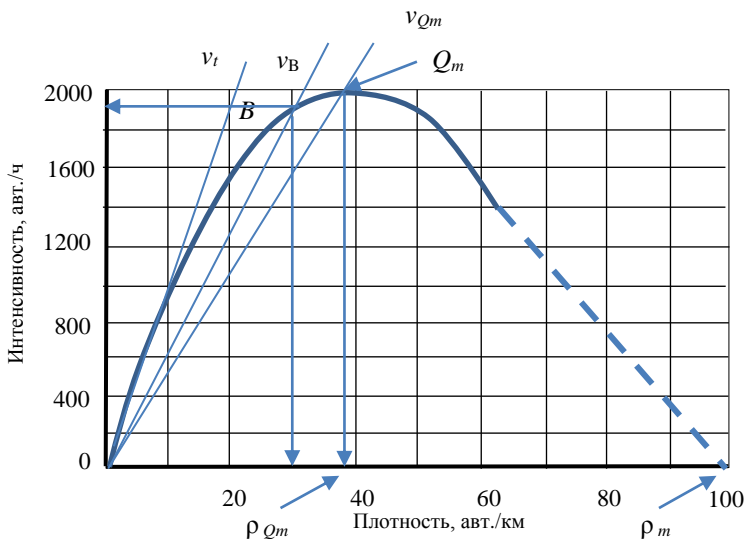


Рисунок 1.116 – Основная диаграмма ТП [47, 51]:

$v_t$  – скорость свободного движения;  $B$  – точка, соответствующая реальной пропускной способности полосы;  $v_B$  – скорость в точке  $B$ ;  $Q_m$  – наибольшая интенсивность движения;  $v_{Q_m}$  – скорость в точке  $Q_m$ ;  $\rho_{Q_m}$  – плотность в точке  $Q_m$ ;  $\rho_m$  – максимальная плотность или плотность затора ( $v = 0$ ) (пунктиром показана зона неустойчивых зависимостей)

**Метод ударных волн.** Существенные изменения плотности движения распределяются вдоль ТП в виде *кинематических волн*. Эти волны могут накладываться друг на друга, вызывая появление *ударных волн*, в которых создаются большие перепады скорости. Ударные волны образуются вблизи «узких» мест и распространяются против направления движения. Диаграмма изменения скорости ударной волны приведена на рисунке 1.117.

По рисунку видно, что если исходные условия движения  $Q_1$ ,  $v_{Q1}$  и  $\rho_{Q1}$  сменяются на условия  $Q_2$ ,  $v_{Q2}$  и  $\rho_{Q2}$  (это может быть ДТП, тихоходный транспорт при невозможности его обгона, ремонт дороги и т. д.), то ТП резко уплотняется, и столь же резко падает его скорость. Фронт ударной волны распространяется по линии 1–2, а скорость его распространения (прямая ударная волна) численно равна тангенсу угла наклона линии 1–2:

$$v_{1-2} = \frac{Q_2 - Q_1}{\rho_2 - \rho_1}. \quad (1.59)$$

После прохождения узкого участка, ТП увеличивает скорость, и плотная пачка автомобилей рассредотачивается. Как правило, это происходит при максимальной величине интенсивности  $Q_m$ . Скорость движения обратной ударной волны, распространяющейся по линии 2- $Q_m$  определяется по формуле:

$$v_{2-Q_m} = \frac{Q_m - Q_2}{\rho_{Q_m} - \rho_2} . \quad (1.60)$$

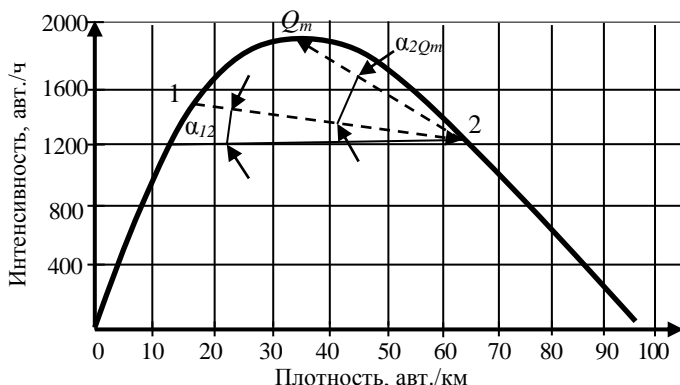


Рисунок 1.117 – Диаграмма изменения скорости ударной волны [47, 51]:

$Q_m$  – наибольшая интенсивность движения;

$\alpha_{12}, \alpha_{2Q_m}$  – углы наклона линии 1-2 и линии 2- $Q_m$  соответственно

Энергетическая модель ТП. Полная энергия ТП ( $E$ ) состоит из двух разновидностей – кинетической ( $E_k$ ) и внутренней ( $E_b$ ). Кинетическая энергия используется для перемещения автомобилей с равномерной скоростью [47, 51].

$$E_k = \alpha \rho v^2 , \quad (1.61)$$

где  $\alpha$  – безразмерная константа, служащая для приведения обоих видов энергии к общему знаменателю.

Внутренняя энергия расходуется на непроизводительные перемещения в поперечном направлении и разгон-торможение, имеет размерность среднего квадратического отклонения ускорения и определяется по формуле

$$E_b = \left[ \frac{1}{t} \int_0^t a^2 dt \right]^{\frac{1}{2}} , \quad (1.62)$$

где  $a$  – ускорение автомобиля,  $m/c^2$ .

При равномерном безостановочном и безманевровом движении внутренняя энергия минимальна и обуславливается только особенностями автомобильной дороги. Если имеют место постоянные рывки, торможения, остановки и разгоны – т. е. непроизводительные перемещения – кинетическая энергия невелика, а внутренняя, наоборот, составляет большую часть суммарной энергии. Используя этот подход, можно построить энергетическую модель ТП, которая в общем виде показана на рисунке 1.118 [47].

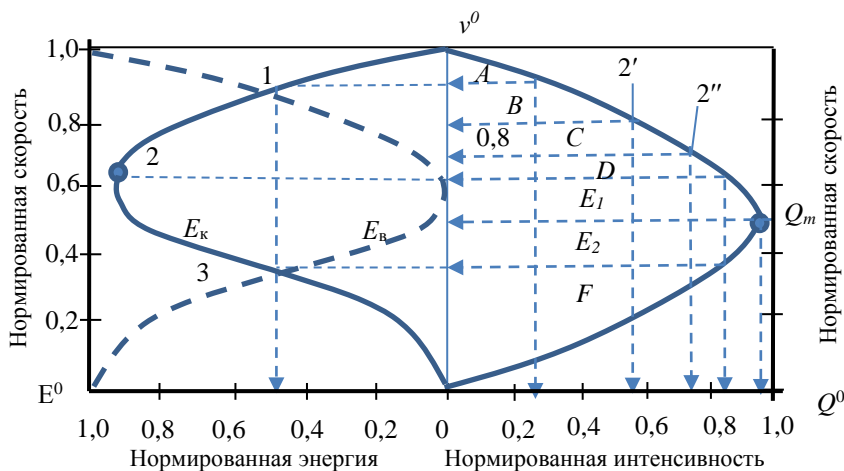


Рисунок 1.118 – Диаграмма энергетической модели ТП [47]

На диаграмме энергетической модели по оси ординат отложена нормированная скорость, а по оси абсцисс, в правой части графика, отложена нормированная интенсивность, а в левой части – нормированная энергия:

$$E_{\text{к}}^{\circ} = \frac{E_{\text{к}}}{E}; \quad (1.63)$$

$$E_{\text{в}}^{\circ} = \frac{E_{\text{в}}}{E}. \quad (1.64)$$

Таким образом, в правой части графика изображена зависимость «нормированная интенсивность – нормированная скорость», а в левой части – «нормированная энергия – нормированная скорость». В ходе экспериментальных исследований искомым уравнений были получены характерные точки, позволяющие довольно четко классифицировать состояние потока на отдельные уровни обслуживания (см. рисунок 1.118):

1 – точка, в которой имеет место равенство энергий  $E_k$  и  $E_B$ , она определяет нижнюю границу свободного и верхнюю границу устойчивого потоков;

2 – точка, в которой положительная энергия  $E_k$  имеет наибольшее значение, она определяет нижнюю границу устойчивого и верхнюю границу неустойчивого потоков, при этом кинетическая энергия максимальна, а внутренняя (вредная) – минимальна;

2' и 2'' – точки, установленные с помощью параметров уровней обслуживания  $B, C, D$ ;

3 – точка, в которой снова наступает равенство энергий, при этом она определяет нижнюю границу неустойчивого и верхнюю границу напряженного потока.

В результате анализа диаграммы видно, что с точки зрения минимизации энергетических потерь, наиболее выгодным является уровень обслуживания  $D$ , однако из-за наличия низкого уровня маневрирования и высокой плотности он является критическим для возможностей водителя. С точки зрения последней оптимальными являются уровни  $B$  или  $C$ .

Микромодели ТП предусматривают использование теоретических основ общей методики теории «следование за лидером». Эта теория является развитием упрощенных динамических моделей. Она базируется на гипотезе о наличии определенной закономерности взаимодействия автомобилей, следующих друг за другом на небольшом расстоянии [66–68].

Суть теории «следование за лидером» выражается ее основным законом: *«при следовании двух автомобилей друг за другом на достаточно близком расстоянии, когда сказывается их взаимное влияние, ускорение ведомого автомобиля прямо пропорционально разности скоростей лидирующего и ведомого автомобилей»*. Таким образом, основное дифференциальное уравнение имеет вид [79]

$$\frac{dv_A}{dt} = \frac{1}{t_p} (v_B - v_A), \quad (1.65)$$

где  $\frac{dv_A}{dt}$  – ускорение ведомого автомобиля, м/с<sup>2</sup>;  $v_A, v_B$  – скорости ведомого и лидирующего автомобилей соответственно, м/с;  $t_p$  – время реакции водителя ведомого автомобиля, с.

Параметр  $\frac{1}{t_p}$  называется *чувствительностью водителя* или *коэффициентом пропорциональности*.

Таким образом, основной принцип рассматриваемой модели состоит в следующем: *водитель ведомого автомобиля реагирует на раздражение,*



*поступающее из окружающей среды (воздействие)*. В данном случае реакцией будет ускорение (замедление), а воздействием – разность скоростей лидирующего и ведомого автомобилей. Поскольку эта реакция происходит не мгновенно, а с некоторым запаздыванием, то ускорение (замедление) ведомого автомобиля может быть существенно выше, чем у лидирующего. А поскольку каждый ведомый, за исключением последнего в пачке, является одновременно лидирующим для последующего ведомого, то возмущения распространяются вдоль потока и могут либо затухать, либо усиливаться, создавая «рваный» режим движения – заторы, КФС, ДТП.

Исследования Д. Газиса, Р. Хермана и Р. Потса [78] показали, что величина коэффициента пропорциональности зависит от расстояния между автомобилями:

$$\alpha = \frac{v}{s_d}, \quad (1.66)$$

где  $s_d$  – фактическая дистанция между автомобилями, м;  $v$  – фактическая скорость, м/с.

В результате было получено *второе основное уравнение* теории «следование за лидером»:

$$\frac{dv_A}{dt} = v \cdot \frac{v_B - v_A}{S_d}. \quad (1.67)$$

Второй закон теории «следование за лидером» гласит: *«ускорение ведомого автомобиля прямо пропорционально разности скоростей лидирующего и ведомого автомобилей и обратно пропорционально расстоянию между ними»*.

Л. Эдаем [77] был предложен еще один вариант формулировки закона: *чувствительность водителя изменяется с изменением скорости движения: чем выше скорость движения, тем выше чувствительность водителя. А также, что чувствительность обратно пропорциональна расстоянию между автомобилями: если лидирующий автомобиль очень близко, то чувствительность выше*. На основании этих предположений была выведена следующая зависимость:

$$\frac{dv_A}{dt} = \alpha_2 v_A \frac{v_B - v_A}{(s_d)^2}. \quad (1.68)$$

В данном уравнении коэффициент пропорциональности обратно пропорционален величине интервала во времени между автомобилями (т. е.  $\alpha_2 = \alpha v_A / t^2$ ), т. к. *водитель ведомого автомобиля при уменьшении интервала времени становится более внимательным*.

Общее выражение для определения  $\alpha$  в зависимости от различных факторов [76]

$$\alpha = \frac{\alpha v_A^m}{s_d^k}. \quad (1.69)$$

На основе уравнений (1.68) и (1.69), было получено *уравнение теории «следование за лидером» в общем виде*:

$$\frac{dv_A}{dt} = \frac{av_A^m(v_B - v_A)}{s_d^k}, \quad (1.70)$$

где  $a$  – максимальное ускорение, которое может ожидать водитель ведомого автомобиля,  $m/c^2$ ;  $m$ ,  $k$  – показатели степени, учитывающие различные факторы, влияющие на поведение водителя ведомого автомобиля.

Посредством вышеприведенных выражений можно достаточно детально изучить взаимодействие автомобилей, движущихся в попутном направлении. Однако вывод аналитических зависимостей на их основе является очень трудоемким и сложным процессом.

### 1.10.3 Транспортно-эксплуатационные качества автомобильных дорог, характеризующие дорожную одежду

**Механизм деформации и разрушения дорожной одежды.** 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 проникновение воды, которая значительно ослабляет прочность грунтового основания. Если нагрузка невелика, а слои дорожной одежды и земляного полотна хорошо уплотнены, дорожная одежда не разрушается и происходят только упругие деформации, т. е. дорожная одежда под действием нагрузки прогибается и после проезда автомобиля возвращается в прежнее положение.

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

Следовательно, прочность дорожной одежды зависит от величины *предельно допустимого прогиба*, а также от *количества приложений нагрузки* за период ослабления дорожной одежды.

При действии давления от колеса основание дорожной одежды сжимается в пределах зоны, в которой возможно перемещение грунта – активной зоны, и происходит прогиб дорожной одежды по некоторой криволинейной поверхности с образованием, т. н. *чаши прогиба* (рисунок 1.119).

Давление, передаваемое на грунтовое основание, зависит от площади, на которую распределяется нагрузка, т. е. 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 может возникнуть деформация дорожной одежды, вплоть до ее разрушения.

При действии нагрузки происходят сжатие и доуплотнение верхней части дорожной одежды (зона 3), а в нижней части дорожной одежды – растяжение (зона 1). При превышении предельной прочности материалов верхних или нижних слоев дорожной одежды образуются трещины. По периметру зоны контакта шины колеса с дорожным покрытием действуют срезающие напряжения, которые могут приводить при слабом основании и недостаточной толщине дорожной одежды к ее пролому или выкалыванию отдельных ее частей (см. рисунок 1.119).

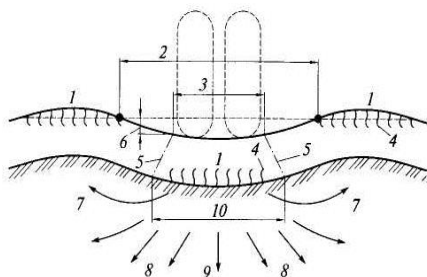


Рисунок 1.119 – Механизм деформации и разрушения дорожной одежды [62]:

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

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

Таким образом, вероятность появления деформаций связана с одновременным действием нагрузки от колеса и климатических факторов. При эксплуатации автомобильных дорог все деформации протекают вначале скрытно, и трудно предвидеть их развитие, поэтому необходимо проводить профилактический контроль прочности дорожной одежды с целью обеспечения своевременной разработки и реализации мероприятий по предупреждению разрушения дорожной одежды. Особенно данное обстоятельство касается неблагоприятных периодов года.

Виды деформаций и разрушений дорожной одежды представлены в подразд. 1.5 «Дорожные одежды автомобильных дорог».

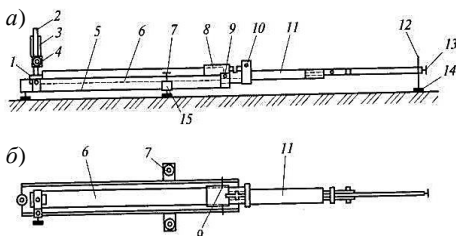
**Приборы, применяемые для измерения упругого прогиба.** Наиболее простым прибором для определения прогиба является рычажный прогибомер МАДИ-ЦНИЛ (рисунок 1.120).

Рычажный прогибомер имеет составной рычаг, свободно вращающийся на оси рамы. Переднее плечо 11 рычага имеет измерительную иглу 12 с подпятником 14. Заднее плечо 6 рычага заканчивается пробкой 1 с горизонтальной площадкой, в которую упирается стержень индикатора 3, установленный на стойке 2.

Испытание дорожной одежды прогибомером МАДИ-ЦНИЛ производят на обследуемом участке через каждые 50 м. Прогиб измеряют на полосе наката, на расстоянии 1–1,5 м от кромки дорожного покрытия.

Рисунок 1.120 – Рычажный прогибомер МАДИ-ЦНИЛ [57, 62]:

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



Для повышения производительности труда при определении прогибов дорожной одежды разработан длиннорычажный прогибомер (рисунок 1.121).

Длиннорычажный рычажный прогибомер состоит из сборного рычага, который поворачивается на оси, закрепленной в корпусе опоры 5. Рычаг 6 состоит из переднего 7 и заднего 4 плеч. На переднем плече расположен щуп 9, который с помощью шарового шарнира соединен с подпятником 11. Щуп крепится к рычагу зажимным винтом 10. На заднем плече, на кронштейне 2 закреплен индикатор 3. Щуп с подпятником размещают между скатами заднего сдвоенного колеса 8 под центром задней оси автомобиля. Наклонная поверхность клиновидной опорной подкладки 1 контактирует со стержнем индикатора.

Для оценки прочности дорожной одежды применяют также установки динамического нагружения. К ним, например, относится установка с падающим грузом УДН-НК (рисунок 1.122). Установка УДН-НК монтируется сзади кузова автомобиля, при этом нагружение осуществляется путем сбрасывания груза. Усилие на дорожное покрытие передается через сдвоенные пневматические колеса, обеспечивающие площадь отпечатка и удельную нагрузку, эквивалентные отпечатку и нагрузке расчетного транспортного

средства. Прогиб измеряют с помощью сейсмоприемника. Измерительный датчик смонтирован на специальной тележке и находится между сведенными колесами. По значению прогиба, определяемому приборами, получают фактический модуль упругости дорожной конструкции и ее прочность.

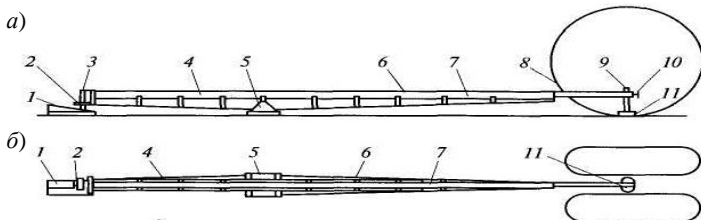


Рисунок 1.121 – Длиннобазовый рычажный прогибомер [57, 62]:

*a* – вид сбоку; *б* – вид сверху; 1 – опорная подкладка; 2 – кронштейн; 3 – индикатор; 4 – заднее плечо рычага; 5 – опора; 6 – рычаг; 7 – переднее плечо рычага; 8 – заднее двоящее колесо; 9 – щуп; 10 – зажимной винт; 11 – подпятник

Аппаратура сбора и первичной обработки данных испытаний расположена в кабине водителя, нагружение дорожной одежды производят с остановкой в каждой точке испытания. Производительность установки при 20 испытаниях на 1 км составляет 20 км за смену.

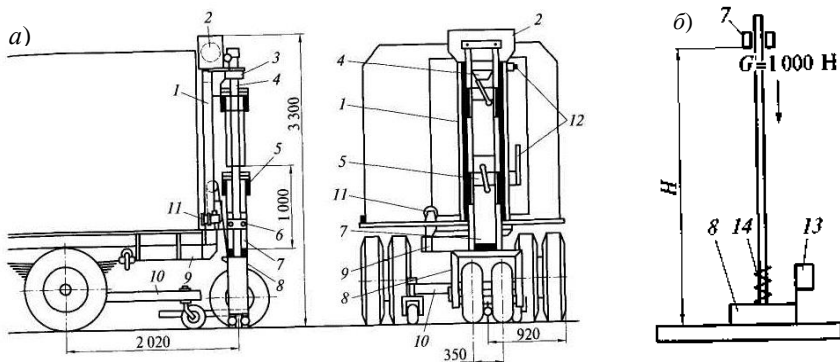


Рисунок 1.122 – Установка динамического нагружения УДН-НК [62]:

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

На установке имеется устройство для подъема груза на определенную высоту с последующим сбросом его на штамп, опускаемый на поверхность дорожного полотна. В момент приложения динамической нагрузки измеряется упругий прогиб дорожной конструкции.

Установка динамического нагружения может также применяться и в составе передвижной лаборатории (например, КП-514 МП), при этом она оснащается модулем связи с бортовым вычислительным комплексом, что позволяет полностью автоматизировать процесс нагружения и измерений. Диапазон измерений прогиба – 0,1–3 мм, производительность – 20 км/смена.

В настоящее время для оценки прочности широко применяются установки, измеряющие прогиб от ударной нагрузки, – *дефлектометры*. Они используются для измерения прогибов дорожных одежд разного типа. Эти устройства разделяются на две группы [57]:

– FWD (Falling Weight Deflectometer) – дефлектометр падающего груза. Создает нагрузку до 120 кН и применяется преимущественно на дорогах;

– HWD (Heavy Weight Deflectometer) – дефлектометр тяжелого нагружения – создает нагрузку до 250 кН и применяется преимущественно для оценки покрытий аэродромов.

В Республике Беларусь в последнее время на практике при оценке прочности автомобильных дорог используется FWD-дефлектометр падающего груза (рисунок 1.123).



Рисунок 1.123 – Дефлектометр падающего груза «Феникс» PRI 2100 [34]

Дефлектометр создает нагрузку путем сбрасывания груза с некоторой высоты на специальную нагрузочную плиту (рисунок 1.124). Элементы системы, такие как масса груза, высота сбрасывания, могут меняться в зависимости от требуемой ударной нагрузки. Значения прогибов измеряются при помощи датчиков, расположенных в центре приложения нагрузки, а также на некотором расстоянии от него. Как правило, во время измерений регистрируются только максимальные значения прогибов, однако возможна и фиксация всей истории развития прогиба под действием нагрузки. Последнее используется зачастую в исследовательских целях.

На основании данных по чаше прогиба имеется возможность оценки потери несущей способности в покрытии или основании дорожной одежды.

В зависимости от типа покрытия, методов проектирования величина нагрузки бывает разной. Для дорог чаще всего применяется нагрузка  $50 \pm 5$  кН, что соответствует осевой нагрузке 100 кН.

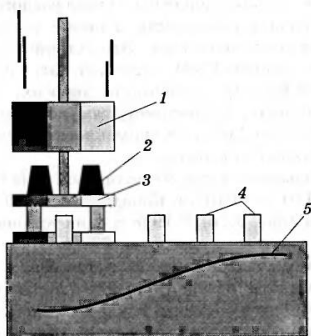


Рисунок 1.124 – Схема работы дефлектометра падающего груза [57]:

- 1 – падающий груз; 2 – демпферы;  
3 – нагрузочная плита; 4 – датчики;  
5 – чаша прогиба

Исходными данными для оценки работоспособности дорожной одежды являются *интенсивность* и *состав движущегося по ней ТП*, а также *конструкция дорожной одежды* (очередность и толщина отдельных слоев, характеристика их прочности) и *вид грунта земляного полотна* (рисунок 1.125).

Оценка прочности дорожной одежды выполняется в следующей последовательности:

1) определяется эквивалентный модуль упругости существующей конструкции дорожной одежды  $E_{\text{экв}}$  путем расчета в соответствии с методикой, представленной ниже;

2) определяется требуемый модуль упругости дорожной одежды  $E_{\text{тр}}$ , при котором обеспечивается пропуск заданной интенсивности ТП без ее повреждения. Проверяется полученное значение  $E_{\text{тр}}$  на соответствие минимальным требованиям с учетом типа дорожной одежды (таблица 1.34, последний столбец). Если  $E_{\text{тр}} > E_{\text{тр.мин}}$ , то в качестве  $E_{\text{тр}}$  принимается  $E_{\text{тр.мин}}$ , определенное по таблице 1.34;

Технические характеристики установки «Феникс» PRI 2100:

- 4-сегментная нагрузочная плита диаметром 30 см;
- балка длиной 2,5 м с 9 датчиками прогиба (сейсмический скоростной передатчик) с разрешением 1 мкм;
- диапазон колесных нагрузок – 7–150 кН;
- длительность нагрузки – 20–30 мс;
- время получения импульса – примерно 10 мкс;
- точность измерений прогиба – 1–2 %;
- точность измерения расстояния – 0,1 %;
- производительность – 65 точек в час и др.

**Оценка прочности дорожной одежды по критерию допустимого упругого прогиба.**

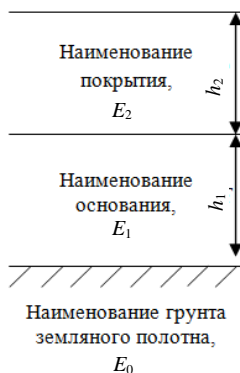


Рисунок 1.125 – Конструктивная схема дорожной одежды

3) рассчитывается отношение  $E_{\text{экв}} / E_{\text{тр}}$ . Полученное значение сравнивается с нормативным значением коэффициента прочности  $K_{\text{пр}}$  (см. таблицу 1.34).

*Определение эквивалентного модуля упругости  $E_{\text{экв}}$ .* Расчет выполняют в два этапа (т. к. рассматривается двухслойная дорожная одежда), на каждом из которых определяют модуль упругости двухслойной системы, состоящей из разнородных материалов. Последовательность выполнения этапов – от нижних слоев дорожной одежды к верхним слоям.

**Таблица 1.34 – Нормативные показатели надежности дорожных одежд [56]**

Тип дорожной одежды	Категория дорог	Коэффициент прочности $K_{\text{пр}}$	Требуемый (минимально допустимый) модуль упругости дорожной одежды $E_{\text{тр.мин}}$ , МПа
Капитальный	I-а, I-б, I-в	0,95	230
	II	0,95	220
	III	0,85	180
Облегченный	II	0,80	180
	III	0,80	160
	IV	0,80	125
	V	0,80	100
	IV	0,60	65
Переходный	IV	0,60	65
	V	0,60	50

*На первом этапе* определяют модуль упругости двухслойной системы, состоящей из грунта земляного полотна и основания дорожной одежды. Определяют значения отношений  $E_0 / E_1$ ;  $h_1 / D$ , где  $E_0$  – модуль упругости грунта земляного полотна, МПа;  $E_1$  – модуль упругости основания дорожной одежды, МПа;  $h_1$  – толщина слоя основания, см;  $D$  – диаметр круга, равновеликого по площади отпечатку колеса на дороге, см.

Величина  $D$  зависит от расчетной (эквивалентной) нагрузки на ось, к которой приводятся все типы транспортных средств, движущихся по дороге, а также от вида нагрузки, прикладываемой к дорожной одежде (движущейся или неподвижной). Вид нагрузки зависит от места устройства дорожной одежды. Для полос движения принимается движущаяся нагрузка, для стоянок, участков перед железнодорожными переездами, остановочных площадок МПТ – неподвижная. Расчетная нагрузка выбирается в зависимости от категории дороги по данным таблицы 1.35, величина  $D$  – по таблице 1.36.



Таблица 1.35 – Нормативные значения расчетных нагрузок на ось транспортных средств

Категория дороги	I-а	I-б	I-в	II	III	IV	V
Расчетная нагрузка на одиночную ось двухосного автомобиля, кН	100	100	100	100	100	100	60

Таблица 1.36 – Характеристики нагрузок при расчете нежестких дорожных одежд [56]

Расчетная нагрузка на одиночную ось двухосного автомобиля, кН	Расчетный диаметр следа колеса движущегося автомобиля, $D$ , см
100	37
60	32

После определения величины предыдущих отношений полученные значения откладывают на осях номограммы (см. рисунок 1.126). В искомой точке пересечения линий по наклонным линиям номограммы определяют значение отношения  $E_{\text{общ}}/E_1$ , где  $E_{\text{общ}}$  – общий модуль упругости двухслойной системы «грунт земляного полотна – основание дорожной одежды».

Затем по известному модулю упругости основания дорожной одежды  $E_1$  определяют значение  $E_{\text{общ}}$ .

На втором этапе расчета определяют модуль упругости двухслойной системы, характеристикой нижнего слоя которой является полученное на предыдущем этапе значение  $E_{\text{общ}}$ , а верхним слоем является покрытие дорожной одежды с характеристиками  $E_2$  и  $h_2$ . Последовательность расчетов аналогична первому этапу:

– определяются значения отношений  $E_{\text{общ}}/E_2$ ;  $h_2/D$ ;

– по номограмме (рисунок 1.126) определяется отношение  $E_{\text{экв}}/E_2$ , где  $E_{\text{экв}}$  – эквивалентный (итоговый) модуль упругости двухслойной системы « $E_{\text{общ}}$  – покрытие дорожной одежды»;

– по известному модулю упругости покрытия дорожной одежды  $E_2$  определяют  $E_{\text{экв}}$ .

Определение требуемого модуля упругости  $E_{\text{тр}}$ . Заданную интенсивность движения на участке автомобильной дороги приводят к расчетной нагрузке, используя следующую формулу:

$$Q_{\text{пр}}^{\text{пол}} = f_{\text{пол}} \sum_1^m Q_{ci} S_{Ti} , \quad (1.71)$$

где  $Q_{\text{пр}}^{\text{пол}}$  – приведенная интенсивность движения по наиболее загруженной полосе проезжей части, прив. ед./сут;  $f_{\text{пол}}$  – коэффициент многополосности, учитывающий распределение ТП обоих направлений по полосам проезжей части (для дорог с двумя полосами для движения в обоих направлениях  $f_{\text{пол}} = 0,55$ , трехполосных дорог – 0,5, четырехполосных – 0,35, шестиполосных – 0,3);  $Q_{ci}$  – суточная фактическая интенсивность движения в обоих направлениях  $i$ -го вида транспортных средств, авт/сут;  $S_{Ti}$  – коэффициент приведения  $i$ -го вида транспортных средств, применяемый при расчете дорожной одежды (таблица 1.37);  $m$  – количество градаций состава ТП (видов транспортных средств, на которые распределен ТП).

Таблица 1.37 – Коэффициент приведения транспортных средств  $S_{Ti}$  [56]

Тип транспортного средства	Категория дороги	
	I-а, I-б, I-в, II, III, IV	V
Легковой	0,003	0,005
Мотоцикл	0	0
Грузовой	1,08	2,0
Поезд	2,7	5,0
Автобус	0,76	1,4

Определяют требуемый модуль упругости  $E_{\text{тр}}$  на участке дороги, используя номограмму (рисунок 1.127). На оси абсцисс откладывают найденное значение  $Q_{\text{пр}}^{\text{пол}}$  и проводят из этой точки вертикальную линию до пересечения с линией, соответствующей необходимой расчетной нагрузке. Затем из точки пересечения проводят горизонтальную линию до оси ординат и получают значение  $E_{\text{тр}}$  (в МПа). Проверяют полученное значение на соответствие минимальному нормативному значению согласно таблице 1.34. Если  $E_{\text{тр}} < E_{\text{тр.мин}}$ , то в качестве  $E_{\text{тр}}$  принимается значение  $E_{\text{тр.мин}}$ .

*Определение коэффициента прочности  $K_{\text{пр}}$ .* Для исследуемого участка дороги определяется отношение  $E_{\text{эkv}} / E_{\text{тр}}$ . Полученное значение сравнивается с нормативным значением коэффициента прочности  $K_{\text{пр}}$  (см. таблицу 1.34).

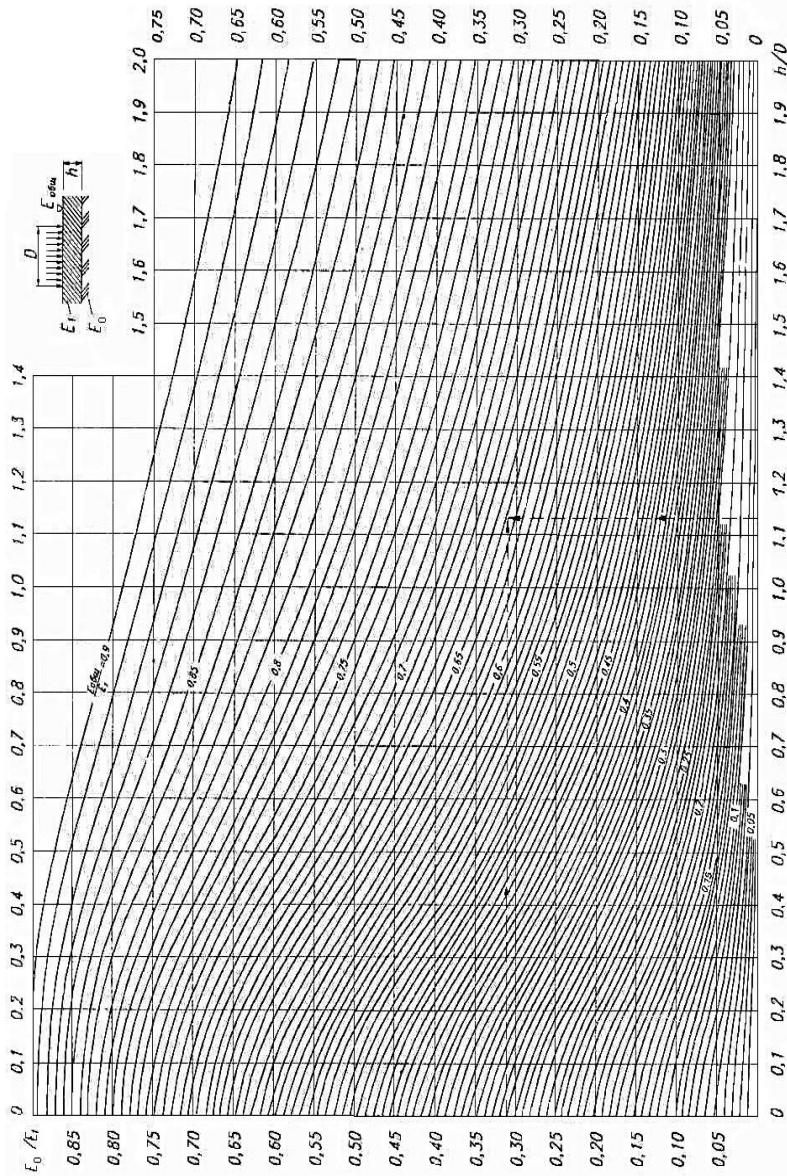


Рисунок 1.126 – Номограмма для определения общего модуля упругости двухслойной системы  $E_{общ}$  [19, 25]

Конструкция дорожной одежды удовлетворяет требованиям надежности и прочности по критерию упругого прогиба, если

$$K_{\text{пр}} < E_{\text{экв}} / E_{\text{тр}}. \quad (1.72)$$



Рисунок 1.127 – Номограмма для определения требуемого эквивалентного модуля упругости при расчетах по упругим деформациям [56]

При невыполнении условия (1.72) разрабатывается комплекс условий по повышению надежности и прочности дорожной одежды.

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

Микрошероховатость характеризуется неровностями длиной менее 3 мм и высотой до 0,3 мм. Неровности длиной более 3 мм и высотой более 0,3 мм называются макрошероховатостями. При определении состояния дорожного покрытия чаще всего оценивают макрошероховатость, к которой предъявляются следующие противоречивые требования. С одной стороны, макрошероховатость должна быть как можно меньшей, чтобы обеспечивалась наибольшая площадь контакта протектора шины с поверхностью дорожного покрытия. С другой стороны, дорожная поверхность должна быть достаточно грубой, что должно способствовать быстрому отводу воды из площадки контакта и предупреждению тем самым явления

*аквапланирования*. Однако увеличение макрошероховатости ведет к возрастанию сопротивления качению, износу шин и повышенному уровню шума [62].

**Приборы и методы, применяемые для измерения параметров шероховатости.** Простейшим методом измерения шероховатости является *метод песчаного пятна*, который заключается в распределении на поверхности дорожного покрытия определенного объема песка (обычно от 10 до 30 см<sup>3</sup>) с размером частиц 0,15–0,3 мм. Песок распределяется вровень с поверхностью отдельных выступов дорожного покрытия, придавая песчаному пятну форму правильного круга. По измеренному диаметру пятна  $D$  и объему песка  $V$  вычисляют среднюю глубину шероховатости [57, 62]:

$$h_{\text{ср}} = 1,275 \frac{V}{D^2}. \quad (1.73)$$

При вычисленной средней глубине шероховатости на участках дорог с продольными уклонами до 30 % на дорожных покрытиях с применением органических вяжущих, составляющей менее 0,7 мм, а на цементобетонных покрытиях – менее 0,5 мм, шероховатость считается неудовлетворительной, при средней ее глубине соответственно 0,7–1,5 и 0,5–0,6 мм – удовлетворительной, 1,5–2 и 0,6–0,8 мм – хорошей и при средней глубине более 2 и 0,8 мм – очень хорошей.

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

С помощью *приборов контактного типа* обеспечивается возможность копирования контуров поверхности и определения числовых значений параметров шероховатости. Принцип работы таких приборов основан на ощупывании неровностей поверхности щупом с последующим копированием контуров шероховатости на миллиметровую бумагу или преобразованием механических колебаний в электрические. После обработки полученных профилограмм<sup>1)</sup> определяют числовые значения параметров шероховатости.

Игольчатый прибор ПКШ-4 состоит из тонких игл 1, закрепленных между зажимными планками 2, внизу планок расположены опоры 3 (рисунок 1.128).

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

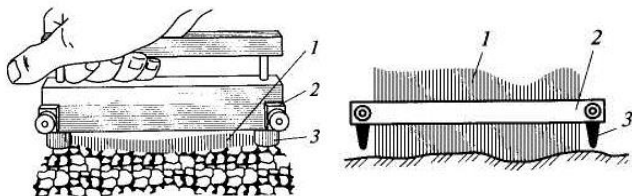
---

<sup>1)</sup> Профилограмма – кривая линия, характеризующая волнистость и шероховатость дорожной поверхности.

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

Рисунок 1.128 –  
Прибор игльчатый  
типа ПКШ-4 [57, 62]:

- 1 – игла-щуп; 2 – за-  
жимные планки;  
3 – опоры



Действие профилографа основано на ощупывании поверхности дорожного покрытия специальным щупом и вычерчивании профиля неровностей на миллиметровой бумаге (рисунок 1.129). С помощью полученного микропрофиля определяют среднюю высоту выступов, средний шаг, средний угол при вершине выступов.

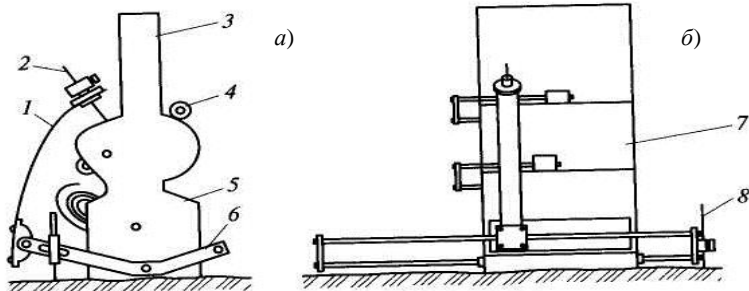


Рисунок 1.129 – Профилограф [57, 62]:

- а – вид спереди; б – вид сбоку; 1 – плечо-коромысло; 2 – карандаш; 3 – ручка прибора;  
4 – прижимной ролик; 5 – корпус прибора; 6 – передвижная рамка; 7 – вал с бумагой;  
8 – игла-щуп

*Приборы бесконтактного типа.* Лазерный профилограф (рисунок 1.130) работает по принципу ощупывания исследуемой поверхности световым лучом. Копирование поверхности дорожного покрытия осуществляется сфокусированным лучом лазера, а фотоприемным устройством измеряется диффузионная составляющая отраженного светового потока. Пределы измерений при записи профилограммы от 1 до 500 мкм. Лазерный профило-

граф позволяет измерять микрошероховатость дорожного покрытия как в лабораторных, так и в полевых условиях.

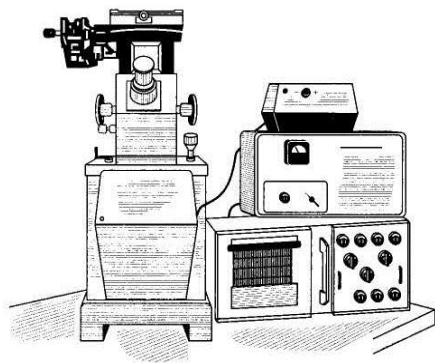


Рисунок 1.130 – Лазерный профилограф МАДИ [62]

В МАДИ был разработан метод оценки состояния дорожного покрытия *методом дистанционного зондирования*. Метод заключается в оптическом сканировании исследуемой поверхности с помощью цифровых устройств (цифровой фотокамеры) и последующей обработки полученных снимков в цифровых фотограмметрических системах<sup>1)</sup>.

В последние годы во многих странах для определения макрошероховатости дорожных покрытий применяют передвижные установки, смонтированные на микроавтобусе. Впереди микроавтобуса устанавливают поперечную балку, оснащенную лазерами для измерения профилей и текстуры дорожного покрытия [например, установка «Профилограф» (Республика Беларусь, Дания), лазерный датчик SELCOM]. Запись, обработку и хранение результатов измерений производят бортовым вычислительным комплексом.

**Ровность дорожного покрытия** является одним из основных показателей, характеризующих удобство движения по автомобильной дороге и оказывающих решающее влияние на *скорость движения автомобилей* и *транспортную работу* дороги в целом. По мере ухудшения ровности происходит снижение скорости движения транспортных средств всех типов (рисунок 1.131, а).

Общий анализ данных аварийности показывает, что с ухудшением ровности дорожного покрытия число ДТП возрастает (рисунок 1.131, б). Однако рост наблюдается до некоторого предела, затем происходит резкое снижение количества ДТП вследствие уменьшения скорости движения автомобилей из-за плохой ровности дорожного покрытия.

Основными причинами ДТП на участках дорог с неудовлетворительной ровностью дорожного покрытия являются взаимное столкновение автомобилей, движущихся на малой дистанции, при резком торможении лидирующего автомобиля перед неровностью (столкновение с ударом сзади), а

<sup>1)</sup> *Цифровая фотограмметрическая система* – набор программных средств, позволяющих получить пространственную информацию на основе изображений кадровых цифровых камер.

также лобовые столкновения автомобилей при внезапных заездах на полосу встречного движения при объезде неровностей. Возможны также ДТП в темное время суток вследствие ослепления водителей отраженным светом фар от поверхности воды, заполняющей неровности.

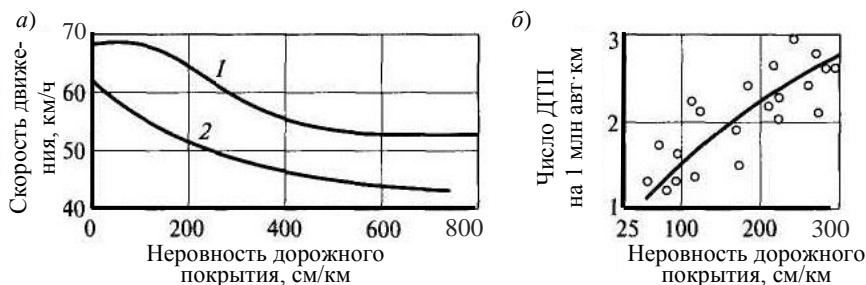


Рисунок 1.131 – Влияние размеров неровности дорожного покрытия на скорость движения (а) и аварийность (б) [62]:

1 – для легковых автомобилей; 2 – для грузовых автомобилей

Практика показывает, что при очень высокой ровности дорожного покрытия водители склонны к превышению безопасных скоростей движения, поэтому на сегодняшний день наряду с решением проблемы обеспечения высокой ровности дорожного покрытия ставится и задача разработки мероприятий по предупреждению водителей о превышении безопасной скорости движения. Одними из таких мероприятий является устройство шумовых или трясущих поперечных полос на опасных участках дорог, что приводит к значительному снижению скорости движения транспортных средств.

При определении ремонтных сроков дорог необходимо учитывать динамику роста интенсивности движения и уменьшать срок службы дорожного покрытия до очередного ремонта (рисунок 1.132).

По графику видно, что при увеличении годового объема перевозок по автомобильной дороге величина срока службы дорожного покрытия снижается, а предельное значение неровности дорожного покрытия увеличивается. Особенно ярко зависимость проявляется при увеличении объема перевозок с 0,3 до 1 млн т брутто и с 1 до 2 млн т брутто.

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



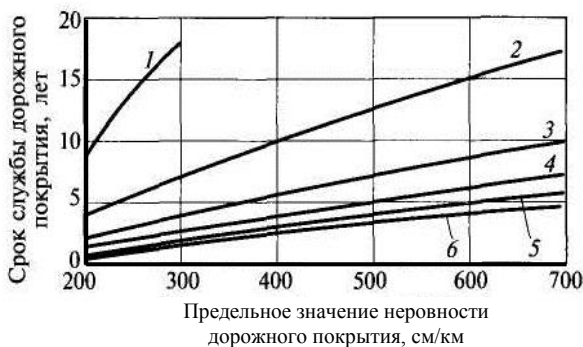
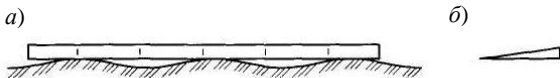


Рисунок 1.132 – Зависимость срока службы дорожного покрытия облегченного типа между ремонтами от предельно допустимого значения неровности дорожного покрытия при исходном уровне объема перевозок на дороге (за год), млн т брутто [62]:  
1 – 0,3; 2 – 1,0; 3 – 2,0;  
4 – 3,0; 5 – 4,0; 6 – 5,0

**Приборы, применяемые для измерения неровности дорожного покрытия.** Простейшим прибором для определения ровности дорожного покрытия является трехметровая рейка (рисунок 1.133, а). Степень ровности дорожного покрытия оценивается по зазору между нижней плоскостью рейки, уложенной на проезжую часть, и поверхностью дорожного покрытия.

Рисунок 1.133 – Трехметровая рейка (а) с мерным клином (б) [62]



Просветы под трехметровой рейкой измеряются с помощью клина в пяти контрольных точках, расположенных на расстоянии 0,5 м от концов рейки и друг от друга (рисунок 1.133, б). Места приложения рейки должны равномерно располагаться по длине участка измерений. Общее число измерений просветов под рейкой на участке измерений должно быть не менее 120. Максимальный просвет под рейкой допускается не более 5 мм. Основным недостатком такого способа определения ровности дорожного покрытия является высокая трудоемкость и недостаточная точность.

К более совершенным приборам измерения ровности дорожного покрытия относятся двухпорная рейка ПКР-1 (рисунок 1.134) и прибор РК-1 (рисунок 1.135).

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

Прибор РК-1 предназначен для оценки ровности дорожного покрытия при приемке выполненных дорожно-строительных и ремонтных работ. Он состоит из измерительной рейки 1 длиной 3 м и электронного измерительного блока 3, соединенного с рейкой посредством гибкого электрического кабеля 2. На рейке установлены пять бесконтактных датчиков линейных перемещений, размещенных вдоль рейки через 0,5 м. К корпусу рейки прикреплены поворотные кронштейны, на которых установлены колеса. В середине рейки закреплен рычаг управления. На заднем колесе установлен бесконтактный датчик для регистрации пройденного пути, на лицевой панели электронного блока – двоичный переключатель, служащий для ввода значения допускаемого просвета для данного типа дорожного покрытия путем набора цифр.

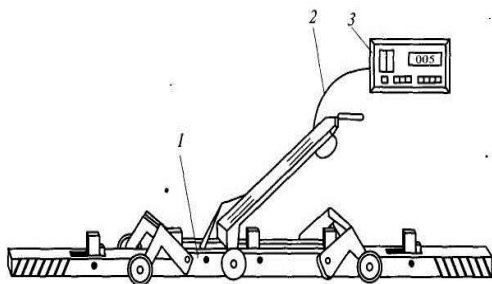


Рисунок 1.135 – Прибор РК-1 [57, 62]:  
1 – измерительная рейка; 2 – электрический кабель;  
3 – электронный измерительный блок

в память прибора с суммированием их числа в трех диапазонах: до предельного значения просвета, от предельного до двукратного значения и выше этого значения.

В приборе предусмотрена сигнализация при обнаружении просветов выше двукратного значения заданного предела. Диапазон измерений дорожных просветов составляет до 5 см.

Приборы для оценки ровности дорожного покрытия исходя из суммы сжатия рессор называют *толчкомерами*. Существуют разные конструкции толчкомеров.

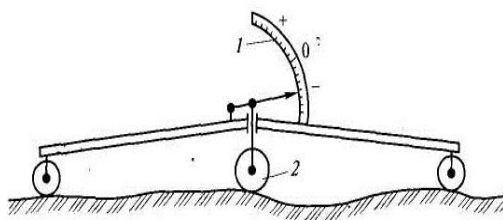


Рисунок 1.134 – Передвижная двухопорная рейка ПКР-1 [57, 62]:  
1 – шкала замера неровностей;  
2 – колесо-индикатор

На исследуемом участке дороги рейку 1 перемещают и через определенные расстояния прикладывают к дорожному покрытию. В месте измерения просветов производят запись размеров просветов

На исследуемом участке дороги рейку 1 перемещают и через определенные расстояния прикладывают к дорожному покрытию. В месте измерения просветов производят запись размеров просветов

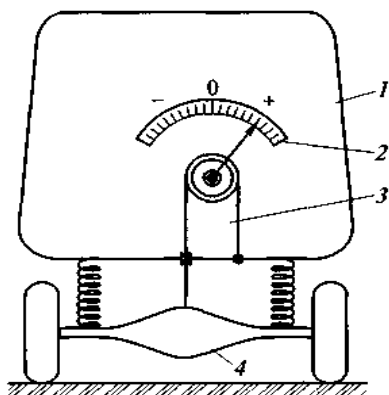


Рисунок 1.136 – Толчкомер ТХК-2 [62]:

- 1 – кузов автомобиля;
- 2 – шкала замера неровностей;
- 3 – трос; 4 – задний мост автомобиля

По результатам измерений строят линейный график ровности дорожного покрытия – *толчкограмму*.

Динамометрическая установка ПКРС-2У (рисунок 1.137) состоит из прицепного одноколесного прибора, оборудованного датчиком ровности дорожного покрытия, и установленного в автомобиле пульта управления. В установке применяется метод определения суммарной величины перемещения измерительного колеса прицепа относительно инерционной массы его корпуса. Измерения выполняются на постоянной скорости 50 км/ч. Данная установка независима от типа автомобиля, но зависима от показателей самого прицепа (его шин, амортизаторов). Результаты измерений выражаются в см/100 м или см/км. Итоги измерений сравнивают с минимально допустимыми, в результате чего выявляют участки с неудовлетворительной ровностью дорожного покрытия.

Рисунок 1.137 – Динамометрическая установка ПКРС-2У [34]



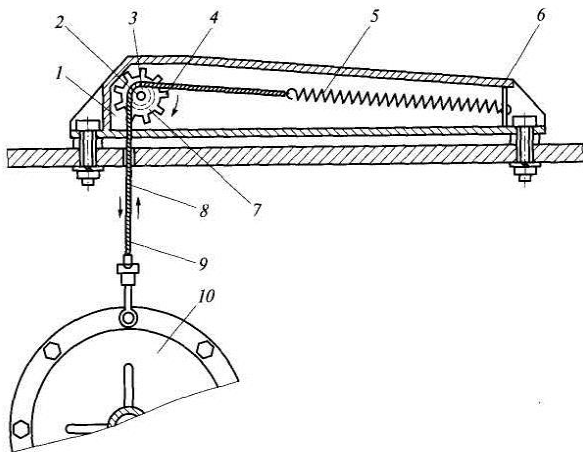
Недостатком измерения ровности дорожного покрытия толчкомерами типа ТХК-2 и ПКРС-2У является получение с их помощью только общей

суммы сжатия рессор на участке длиной 100 м или 1 км. По этим показани-ям невозможно определить величину отдельных неровностей.

Для исследования ровности применяются *электронные толкомеры* с дистанционным управлением ТЭД-2М (рисунок 1.138).

Рисунок 1.138 –  
Толкомер ТЭД-2М  
[62]:

- 1 – датчик; 2 – ось;  
3 – муфта прямого  
и обратного хода;  
4 – обтюратор; 5 – пружи-  
на; 6 – корпус прибора;  
7 – приводной барабан;  
8 – отверстие в днище ку-  
зова; 9 – трос; 10 – задний  
мост автомобиля



Электронный толкомер обладает рядом преимуществ:

- использование индуктивного или оптронного датчика импульсов, позволяющего осуществлять счет до 1000 имп./мин;
- наличие запоминающего устройства счета импульсов и времени;
- дистанционное управление, позволяющее оператору находиться в любой точке кузова автомобиля и др.

Толкомер ТЭД-2М состоит из двух основных узлов: механической части датчика импульсов и электронного счетчика импульсов с таймером в блоке дистанционного управления. Механическая часть состоит из приводного барабана 7, соединенного с муфтой 3 прямого и обратного ходов. Вращение приводного барабана на оси 2 осуществляется под воздействием вертикальных перемещений троса 9, один конец которого закреплен через пружину 5 к корпусу прибора 6, второй – к заднему мосту 10 автомобиля через отверстие 8 в днище кузова автомобиля.

*Принцип действия* толкомера следующий: при воздействии неровностей на движущийся автомобиль происходит вертикальное перемещение заднего моста автомобиля относительно кузова, которое фиксируется муфтой 3 прямого и обратного ходов путем вращения обтюратора 4 только в одном направлении. Лепестки обтюратора проходят в непосредственной близости от датчика 1, за счет чего сигнал с выхода датчика поступает на электронный счетчик. Вертикальное перемещение троса 9 на 1 см дорожного покрытия дает один импульс на электронный счетчик.

Для измерения ровности поверхности дорожного покрытия в Республике Беларусь применяется 3-метровая 3-секционная складная рейка «РДУ-Кондор» (рисунок 1.139). В рабочем состоянии ее секции жестко скрепляются между собой стяжными винтами. В центральной секции рейки расположены: измеритель уклонов, состоящий из головки с лимбом (шкалой), совмещенной с уровнем горизонтальной установки измерителя, и балансир-эклиметр для определения крутизны откосов четырех видов. К рейке приложен клин-промерник, имеющий две шкалы измерения: левая – для измерения просветов под рейкой и правая – для замера толщин слоев дорожной одежды.

Рейка «РДУ-Кондор» предназначена:

1) для измерения ровности и колеечности покрытий и оснований автомобильных дорог;

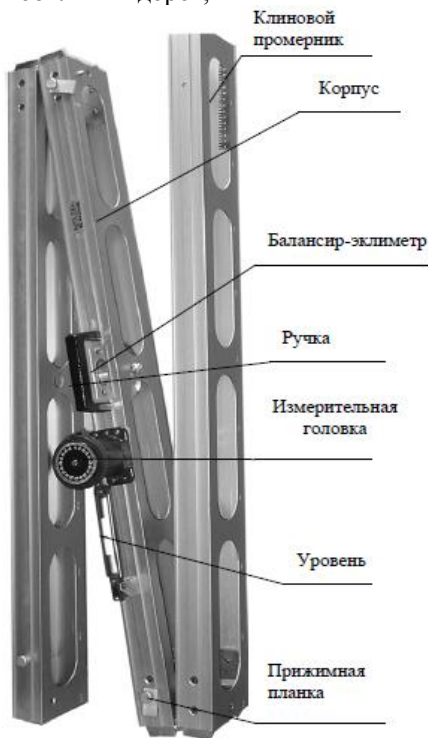


Рисунок 1.139 – Рейка «РДУ-Кондор»

2) определения продольных и поперечных уклонов, ширины полос проезжей части дорог, крутизны откосов, насыпей и выемок при строительстве, ремонте и приемке в эксплуатацию автомобильных дорог;

3) диагностики и оценки состояния существующих и приемки в эксплуатацию вновь созданных участков дорог.

Работа по отдельным видам измерений осуществляется в следующем порядке:

1) при измерении продольных и поперечных уклонов поверхности земляного полотна или покрытия рейка укладывается либо по оси дороги, либо перпендикулярно ей, соответственно в сторону уклона на поверхности проезжей части или обочины. Затем вращением винта измерительной головки приводят уровень в горизонтальное положение, фиксируемое по центральному положению пузырька в ампуле уровня. При этом пузырек должен находиться между двумя центральными делениями ампулы. Величина уклона определяется стрелкой по шкале лимба измерительной головки;

2) для измерения неровности покрытия рейка устанавливается на контролируемую поверхность дороги на расстоянии 0,5–1 м от кромки покрытия или края полосы движения. Замеры просветов под рейкой производят клиновым промерником в пяти фиксированных точках, определяемых по шкале рейки: 50, 100, 150, 200 и 250 см. Величина просвета устанавливается по левой шкале клинового промерника;

3) при измерении колеиности покрытия рейка укладывается на выпоры внешней колеи. Отсчет берется по наибольшему углублению колеи измерительным щупом под рейкой с точностью до 1 мм. При отсутствии выпоров рейку укладывают на проезжую часть таким образом, чтобы перекрыть измеряемую колею;

4) для определения крутизны откосов насыпей, выемок, кюветов рейку устанавливают непосредственно на откос перпендикулярно обрезу бровки откоса. Значение крутизны откоса определяется по шкале балансира-эклиметра;

5) при определении геометрических параметров элементов дороги используется метрическая шкала рейки, а для определения толщины конструктивных слоев – правая шкала клинового промерника.

Технические характеристики рейки «РДУ-Кондор» представлены в таблице 1.38.

Таблица 1.38 – Технические характеристики «РДУ-Кондор»

Технические параметры	Значение
Длина, мм	3000±3
Ширина, мм	50±2
Высота, мм	100
Масса в сборе, кг	Не более 10
Диапазон измерения уклонов, ‰	0–100
Погрешность измерения уклонов в зависимости от диапазона, ‰:	
0–10	До 1
0–20	» 2
0–30	» 3
0–40	» 4
0–50	» 5
0–60	» 6
0–70	» 7
0–80	» 8
0–90	» 9
0–100	» 10
Цена деления лимба, ‰	2
Диапазон измерения просветов под рейкой клиновым промерником, мм	0,5–15
Шаг делений клинового промерника, мм	1±0,1
Диапазон измерения толщины покрытия клиновым промерником, мм	0–150

В Республике Беларусь в реестр измерительных приборов включены «РДУ-Кондор» и ПКРС-2У.

**Оценка ровности дорожного покрытия.** Для оценки ровности дорожных покрытий рекомендуется применять профилометрический метод в соответствии с СТБ 1566.

Оценка продольной ровности покрытия проезжей части осуществляется по каждой полосе движения на участках длиной 100 м по международному индексу ровности IRI (International Roughness Index). При проектном уровне диагностики, с целью выявления наиболее неровных участков дорог и обоснованного принятия проектных решений, оценку продольной ровности рекомендуется выполнять не реже чем через 50 м.

Ровность покрытия при измерении профилометрическим методом соответствует нормативным требованиям для асфальтобетонных и цементобетонных покрытий, если выполняется условие

$$IRI_{\phi} \leq IRI_{\text{норм}}, \quad (1.74)$$

где  $IRI_{\phi}$  – измеренное значение ровности покрытия, мм/м;  $IRI_{\text{норм}}$  – требуемое значение ровности покрытия для эксплуатируемых дорог по таблице 1.39.

Таблица 1.39 – Требуемые значения продольной ровности для эксплуатируемых автомобильных дорог [25]

Категория автомобильной дороги	Значение ровности IRI, мм/м
I	3,6
II	4,8
III	5,5
IV-VI	6,2

Требования к ровности покрытия для участков дорог, вводимых в эксплуатацию, по условиям безопасности установлены в СТБ 1291, а при возведении и ремонте – в ТКП 059.

Для определения показателя продольной ровности с переходным и низшим типами дорожных одежд могут применяться толкочеры типа

ПКРС. Измерения ровности покрытия с использованием трехметровой рейки и методом нивелирования проводится по ГОСТ 30412.

В случае несоответствия ровности покрытия требованиям по условиям безопасности движения необходимо установить дорожные знаки согласно стандарту [9] (п. 6.1.1) до устранения.

### **Понятие коэффициента сцепления, явление аквапланирования.**

**Влияние коэффициента сцепления на аварийность.** Коэффициент сцепления является критерием скользкости дорожного покрытия. Недостаточное сцепление шины колеса с дорожным покрытием является, как правило, первопричиной ДТП с тяжелыми последствиями.

Тяговое усилие на колесах автомобиля, обеспечиваемое мощностью двигателя, может быть развито лишь в том случае, если между ведущими колесами и дорогой имеется достаточное сцепление. Отношение величины реактивной силы, действующей на колесо автомобиля в плоскости его контакта с покрытием, к величине вертикальной нагрузки, передаваемой колесом на покрытие в площади этого контакта, называют коэффициентом сцепления и обозначают буквой  $\varphi$ .

В зависимости от направления сдвигающей силы, действующей на колесо, различают два вида коэффициента сцепления:

– коэффициент продольного сцепления  $\varphi_{пр}$  – часть коэффициента сцепления, соответствующая движению колеса в плоскости его вращения. Это значение коэффициента сцепления непосредственно используют при вычислении пути, проходимого автомобилем при экстренном торможении, и при оценке возможности трогания автомобиля с места;

– коэффициент поперечного сцепления  $\varphi_{поп}$  – часть коэффициента сцепления, соответствующая движению колеса под углом к плоскости вращения колеса. Данная составляющая коэффициента сцепления характеризует устойчивость автомобиля при проезде кривых малых радиусов.

При любых видах покрытий выступающие над их поверхностью твердые минеральные частицы, которые делают покрытие шероховатым, при наезде колеса вдавливаются в резину протектора. При проскальзывании колеса они упруго деформируют резину, сопротивление которой является главной причиной сопротивления колеса смещению по покрытию. По мере износа шероховатость покрытия уменьшается, а следовательно, уменьшается и сцепление его с колесом.

Впадины на поверхности покрытия между выступами шероховатости при увлажнении или загрязнении заполняются грязью, пылью, продуктами износа шин и т. д., что уменьшает возможную глубину вдавливания выступов в резину. Пленка влаги, смачивая зону контакта между шиной и покрытием, действует как смазка, разделяющая резину и покрытие. Все это приводит к снижению коэффициента сцепления. При высоких скоростях движения шина не успевает полностью деформироваться, т. к. продолжительность контакта с покрытием для этого недостаточна, а следовательно, неровности покрытия вдавливаются в шину на меньшую глубину. В результате с ростом скорости движения значение коэффициента сцепления снижается. На сухих покрытиях снижение коэффициента сцепления с увеличением скорости менее ощутимо, чем на влажных или увлажненных.

При сильном износе или при малой высоте выступов элементов протектора на мокром и загрязненном покрытии может возникать явление *аквапланирования*, когда между шиной и покрытием в начальной части зоны



контакта накапливается вода, не успевающая выжаться в стороны, тем самым под шиной образуется водяной клин, создающий гидродинамическую подъемную силу, снижающую давление колеса на дорогу (рисунок 1.140). При слое воды на покрытии толщиной в несколько миллиметров нарушение контакта передних колес с покрытием и потеря управляемости автомобилем становятся возможными при скоростях, близких к 80–100 км/ч.

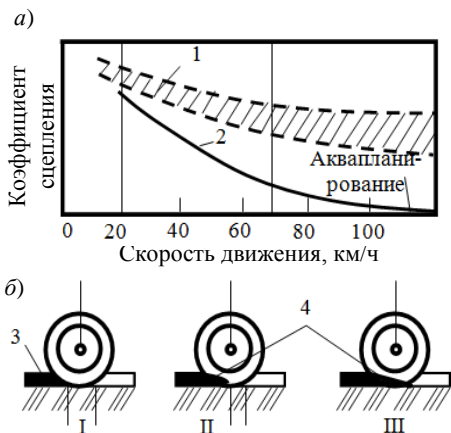


Рисунок 1.140 – Схема возникновения аквапланирования колес [44]:

*a* – принципиальная зависимость коэффициента сцепления шины с мокрым покрытием; *б* – схема уменьшения зоны контакта шины с мокрым покрытием при увеличении скорости; 1 – шины с новым протектором; 2 – изношенные шины; 3 – пленка воды более 1 мм; 4 – водяной клин, образующийся под шиной; I – полная зона контакта колеса с покрытием; II – уменьшенная зона контакта; III – зона контакта отсутствует, возникло аквапланирование

Значения коэффициента сцепления меняются в течение года в широких пределах, повышаясь летом и значительно снижаясь в период зимней непогоды, когда для увеличения сцепления дорогу обрабатывают противогололедными материалами (солями, растворяющими лед, песком, шлаком и т. п.).

Чем выше социальное назначение дороги и чем труднее условия движения по отдельным ее участкам, тем более высокие требования должны предъявляться к коэффициенту сцепления. В увлажненном состоянии укладываемые на различных участках дорог покрытия должны удовлетворять при той же скорости различным требованиям по величине коэффициента сцепления (см. таблицу 1.40).

Таким образом, безопасное движение в периоды ухудшения погодных условий по скользкой поверхности дорожных покрытий возможно только при пониженных скоростях, соответствующих фактическим значениям коэффициента сцепления.

Условия сцепления ведущих колес с поверхностью дороги оказывают влияние на динамические возможности автомобиля. При малых значениях коэффициентов сцепления большие тяговые усилия, обеспечиваемые мощностью двигателя, не могут быть оптимально использованы из-за недостатка сцепления между колесами и дорожным покрытием.

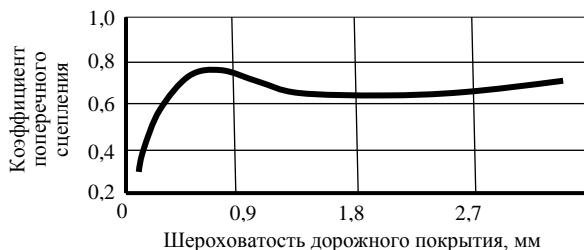
Таблица 1.40 – Характеристики участков дорог и коэффициентов сцепления [44, 62]

Условия движения	Характеристика участков дорог	Коэффициент сцепления $\phi_{пр}$ , не менее
Легкие	Прямые участки, кривые с радиусами 1000 м и более, горизонтальные с продольными уклонами не более 30 %, с элементами поперечного профиля, укрепленными обочинами, без пересечений в одном уровне при малой интенсивности движения	0,45
Затрудненные	Участки с кривыми в плане радиусами 250–1000 м, на спусках и подъемах с продольными уклонами от 30 до 60 %, в зонах сужений проезжей части, а также участки, отнесенные к легким условиям движения. Дороги со средней интенсивностью движения	0,45–0,50
Опасные	Участки с недостаточной видимостью, подъемы и спуски с уклонами, превышающими расчетные значения, зоны примыканий и пересечений в одном уровне. Дороги с высокой интенсивностью движения	0,60

Исследования показывают, что значения коэффициента сцепления зависят от многих факторов, связанных с состоянием дорожного покрытия и условиями взаимодействия шины с дорожным покрытием. Существенное влияние на коэффициент сцепления оказывают скорость движения, рисунок протектора, давление в шинах, нагрузка на колесо, режим торможения и особенно тип дорожного покрытия, его состояние, температура и шероховатость (рисунок 1.141).

Согласно изображенному графику видно, что зависимость приобретает наибольшую динамику при увеличении шероховатости примерно до 0,8 мм, при дальнейшем увеличении значение коэффициента поперечного сцепления практически стабилизируется в районе 0,65–0,70.

Рисунок 1.141 – Зависимость поперечного коэффициента сцепления от шероховатости дорожного покрытия [62]



Общий вид зависимости коэффициента сцепления от скорости представлен на рисунке 1.142. Видно, что динамика снижения коэффициента

сцепления при повышении скорости движения на сухом покрытии значительно меньше, чем на мокром.

Согласно зависимости, изображенной на рисунке 1.143, чем больше величина коэффициента сцепления, тем меньше относительное количество ДТП.

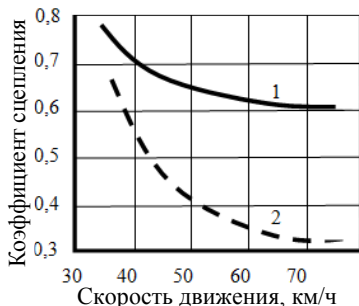


Рисунок 1.142 – Зависимость коэффициента сцепления  $\Phi$  от скорости движения:

1 – сухое покрытие; 2 – мокрое покрытие

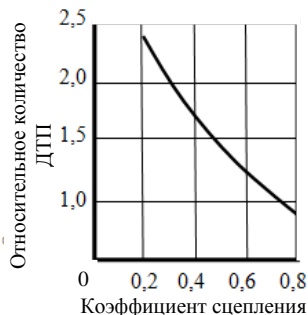


Рисунок 1.143 – Влияние коэффициента сцепления на аварийность [62]

С целью повышения коэффициента сцепления устраивают поверхностную обработку, обеспечивающую высокую шероховатость, или дорожные покрытия, способствующие быстрому отводу поверхностного стока с дороги.

Появление приборов и методов, позволяющих измерять величину поперечного коэффициента сцепления, дает возможность нормирования значений этого коэффициента. Следовательно, состояние дорожного покрытия по сцепным качествам оценивают путем сравнения фактического значения продольного коэффициента сцепления с его предельно допустимым значением. Дорожное покрытие удовлетворяет требованиям эксплуатации, если фактическое значение коэффициента сцепления оказывается больше предельно допустимого значения или равным ему.

**Приборы и методы, применяемые для измерения коэффициента сцепления.** Коэффициент сцепления измеряют с помощью портативных приборов, динамометрических установок (тележек), методом тормозного пути или методом отрицательного ускорения (замедления).

При применении портативных приборов возможно измерение продольного коэффициента сцепления на площадях ограниченного размера. Основными недостатками портативных приборов являются:

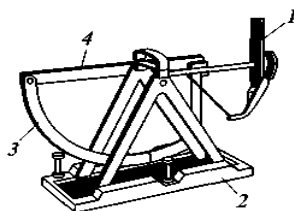
- малые размеры резинового элемента, имитирующего протектор автомобильной шины. По этой причине такие приборы не используют для измерения коэффициента сцепления грубошероховатых поверхностей;

– моделирование качения колеса автомобиля происходит с низкими скоростями.

Маятниковый прибор МП-3 (рисунок 1.144) состоит из станины 2, штанги 4 с укрепленной на ней мерной шкалой 3 и маятником 1. Его устанавливают на поверхности дорожного покрытия, штангу 4 приводят в вертикальное положение по уровню. Маятник 1 укрепляют в горизонтальном положении, поверхность дорожного покрытия смачивают водой, маятник отпускают. Отпущенный маятник падает, проскальзывая обрезиненным башмаком по поверхности дорожного покрытия, затем поднимается на определенный угол, который фиксируется на шкале прибора. Большой угол подъема маятника соответствует большей скользкости поверхности дорожного покрытия.

Рисунок 1.144 – Маятниковый прибор МП-3 [57, 62]:

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



Портативный прибор ППК-2 разработки МАДИ-ВНИИБД (рисунок 1.145) состоит из штанги 5 со скользящим по ней грузом 7 массой 9 кг, подвижной муфты 4 и пружины 10, соединяющей два резиновых имитатора 1. При испытании прибор устанавливают таким образом, чтобы имитаторы находились на расстоянии  $(10 \pm 1)$  мм над дорожным покрытием. Подвижный груз закрепляется в верхнем положении стойки. После увлажнения поверхности дорожного покрытия груз освобождается, ударя по подвижной муфте. Под действием удара груза имитаторы прижимаются и перемещаются по поверхности дорожного покрытия. По положению измерительной шайбы на шкале определяют коэффициент сцепления.

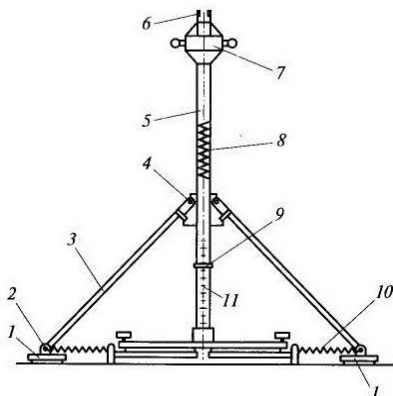


Рисунок 1.145 – Портативный прибор ударного действия (ППК-2) [57, 62]:

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

Продольный коэффициент сцепления дорожного покрытия необходимо измерять не менее чем по три раза на трех участках на каждом километре каждой полосы движения. При наличии между измерениями расхождений, превышающих 0,05 (по абсолютному значению коэффициента сцепления), число измерений увеличивают до пяти. За показатель скользкости дорожного покрытия принимают среднее арифметическое значение коэффициента сцепления. Результаты измерений на всем протяжении участка автомобильной дороги наносят на линейный график.

Определение коэффициента сцепления с помощью динамометрических установок производят при движении автомобиля с определенной скоростью. Как правило, такие установки состоят из одноколесного прицепа. Примером динамометрической установки, применяемой в Республике Беларусь, является установка типа ПКРС-2 (рисунок 1.146).

Этот прибор представляет собой одноколесный прицеп с подрессоренной рамой и параллелеграммной конструкцией крепления рамы к сцепке транспортного средства (рисунок 1.146). Установка предназначена для измерения коэффициента сцепления на основе определения тормозной силы, возникающей в площади контакта полностью заблокированного измерительного колеса и увлажненного покрытия (с толщиной водяной пленки около 1 мм), при буксовании колеса установки (рисунок 1.147).



Рисунок 1.146 – Установка ПКРС-2 в сцепке с транспортным средством

Основными техническими характеристиками установки являются:

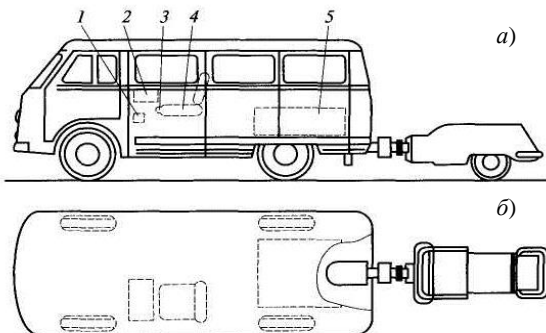
- нормальная нагрузка на колеса на дорожное покрытие –  $3 \pm 0,03$  кН;
- диапазон измерений коэффициента сцепления – от 0,1 до 1;
- предел допускаемой погрешности – не более  $\pm 4$  %;
- амплитуда колебаний подвески –  $\pm 100$  мм и др.

Динамометрический прицеп ПКРС-2 может использоваться в составе передвижной дорожной лаборатории КП-514МП или любого транспортного средства, снабженного бортовым компьютером.

Коэффициент сцепления с помощью динамометрических установок определяют по силе тяги, необходимой для протаскивания по дорожному покрытию заторможенного колеса с заданной постоянной скоростью. Сила сцепления шины установки и дорожного покрытия при торможении опре-

деляется динамометром. В тележках подобной конструкции направление усилий совпадает с плоскостью качения колеса.

Рисунок 1.147 –  
Динамометрическая  
установка ПКРС-2 [62]:  
а – вид сбоку; б – вид сверху;  
1 – тормозная педаль прицепа;  
2 – пульт управления;  
3 – рычаг водополива;  
4 – место оператора;  
5 – бак для воды



Измерение продольного коэффициента сцепления следует производить не ранее чем через две недели после окончания устройства дорожно-го покрытия – в пределах всей ширины полосы движения, а на дорогах и улицах, находящихся в эксплуатации, – при движении испытательного колеса по полосе наката левых колес транспортных средств, использующих данную полосу движения. На каждом из испытуемых участков длиной не менее 1 км последовательно выполняют не менее пяти испытаний.

Допускается также определение коэффициента сцепления методом тормозного пути или методом отрицательного ускорения (замедления).

Для измерения коэффициента сцепления методом тормозного пути автомобиль разгоняют по увлажненному дорожному покрытию до скорости не выше 40–50 км/ч и в момент пересечения намеченного створа тормозят до полной остановки. Продольный коэффициент сцепления в этом случае определяют по длине измеренного тормозного пути:

$$\varphi_{\text{пр}} = \frac{K_3 v^2}{254 s_T} \pm i, \quad (1.75)$$

где  $K_3$  – коэффициент эффективности торможения;  $v$  – скорость в начале торможения, км/ч;  $s_T$  – длина тормозного пути, м;  $i$  – продольный уклон дорожного покрытия (знак «–» – для движения на подъеме, знак «+» – для движения на спуске).

Результаты измерений методом тормозного пути несколько превышают значения, полученные с помощью динамометрической установки.

Метод отрицательного ускорения. Автомобиль разгоняют до скорости 50 км/ч, отключают трансмиссию и производят торможение. Зна-

чение возникающего при этом отрицательного ускорения считают с показаний деселерометра. Затем вычисляют среднее значение отрицательных ускорений в каждом направлении движения:

$$a_{\text{ср}} = \frac{\sum_{i=1}^n a_i}{n}, \quad (1.76)$$

где  $a_i$  – ускорение при  $i$ -м замере;  $n$  – число замеров.

Далее определяют расчетное значение отрицательного ускорения. Оно принимается как среднее арифметическое измерений по ходу и против хода километража:

$$a = \frac{a_{\text{ср}}^* + a_{\text{ср}}^{**}}{2}. \quad (1.77)$$

Коэффициент сцепления вычисляют по формуле

$$\varphi = \frac{a}{g} \pm i, \quad (1.78)$$

где  $i$  – уклон участка, в долях.

**Оценка сцепных качеств дорожного покрытия.** Сцепные качества дорожных покрытий характеризуются коэффициентом сцепления колеса автомобиля с дорожным покрытием и шероховатостью дорожного покрытия.

При измерении коэффициента сцепления колеса автомобиля с дорожным покрытием применяется оборудование с полной или частичной блокировкой рабочего колеса, оснащенное системами увлажнения покрытия. Для стесненных условий, не позволяющих выполнять измерения передвижными лабораториями, допускается применять портативные приборы. Значения коэффициента сцепления, измеренные различными методами, должно приводиться к стандартизированному методу.

Измерение коэффициента сцепления прибором ПКРС выполняют в соответствии с представленными материалами и другими нормативными положениями, а измерение портативными – выполняют в соответствии с требованиями СТБ 1566–2005 [12]. В стесненных условиях количество измерений на 1 км не должно быть менее трех. Измерения выполняют по внешней полосе наката каждой полосы движения.

На дорогах I категории, дорогах с разделительной полосой измерения выполняют по крайней, со стороны обочины, полосе движения. На трехполосных участках дорог измерения выполняют по крайним полосам проезжей части. В случае наличия на полосе покрытия дефекта «выпотевание вяжущего вещества» измерение проводят дополнительно по полосе с зафиксированным дефектом.

В зависимости от температуры воздуха значение коэффициента сцепления следует откорректировать в соответствии с данными таблицы 1.41.

Таблица 1.41 – Величина температурной поправки к измеренному коэффициенту сцепления [25]

Температура воздуха, °С	0	5	10	15	20	25	30	35	40
Величина поправки ( $\delta$ )	-0,06	-0,04	-0,03	-0,02	0	+0,01	+0,02		
<i>Примечание</i> – При промежуточных значениях температуры коэффициент поправки определяется методом интерполяции.									

Коэффициент сцепления на покрытии соответствует нормативным требованиям, если выполняется условие  $K_{\text{сц.ф}} \geq K_{\text{сц.норм}}$ , где  $K_{\text{сц.ф}}$  – измеренное значение коэффициента сцепления с учетом температурной поправки;  $K_{\text{сц.норм}}$  – требуемое значение коэффициента сцепления для эксплуатируемых дорог по таблице 1.42.

Требования к коэффициенту сцепления на покрытии по условиям безопасности установлены в стандарте [9], для участков дорог, вводимых в эксплуатацию, при возведении и ремонте, установлены в ТКП 45-3.03-19. Изменение коэффициента сцепления по ширине проезжей части, включая укрепленные полосы обочин и остановочные полосы, не должно превышать 0,1.

В случае несоответствия коэффициента сцепления на покрытии требованиям по условиям безопасности движения транспортных средств необходимо установить дорожные знаки в соответствии с СТБ 1291–2007 [9, п. 6.1.2] и СТБ 1300–2014 [10].

Таблица 1.42 – Требуемые значения коэффициента сцепления для эксплуатируемых автомобильных дорог [25]

Категория автомобильной дороги	Коэффициент сцепления
I	0,45
II–III	0,42
IV–VI	0,40

Таблица 1.43 – Предельно допустимые значения шероховатости для эксплуатируемых дорожных покрытий [25]

Категория автомобильной дороги	Минимальное значение средней глубины впадин ( $h_{\text{ср}}$ ), мм
I–II	0,45
III	0,43
IV	0,40
V–VI	0,35

Оценка шероховатости покрытия проезжей части характеризуется значением средней глубины впадин ( $h_{\text{ср}}$ ) по методу «песчаное пятно». Предельно допустимые значения средней глубины впадин эксплуатируемых покрытий приведены в таблице 1.43.



Переход от метода профилирования к значениям шероховатости по методу «песчаное пятно» выполняется по формуле

$$h_{\text{ср}} = 0,2 + 0,8M, \quad (1.79)$$

где  $M$  – значение шероховатости по методу профилирования, мм.

Количество измерений шероховатости методом «песчаное пятно» должно быть не менее пяти на 1 км автомобильной дороги. При применении метода профилирования оценка шероховатости выполняется по каждому десяти-метровому участку дорожного покрытия. На участках дорог с шероховатостью, не соответствующей нормативным требованиям, необходимо проводить измерения коэффициента сцепления.

#### 1.10.4 Транспортно-эксплуатационные качества автомобильных дорог, характеризующие их общее состояние и условия движения

Надежность автомобильной дороги закладывается при проектировании, реализуется при строительстве, а проявляется и поддерживается в процессе эксплуатации. Существуют следующие **критерии надежности** автомобильной дороги:

**Надежность автомобильных дорог** – непрерывное безопасное и удобное движение транспортных средств с соответствующими расчетными скоростями;

– работоспособность дороги, нормируемая по двум основным показателям: интенсивности движения и расчетной скорости;

– срок службы;

– степень резервированности по пропускной способности и прочности дорожной одежды. Этот критерий приобретает особое значение в связи с большим сроком службы, т. к. дорога должна будет пропускать еще и автомобили будущего, которые, возможно, будут обладать повышенной грузоподъемностью, скоростью, иными тяговыми качествами и т. п.;

– ремонтпригодность дороги, в том числе и всех ее сооружений (характерным и важным признаком при этом является сохранение возможности движения по дороге с объездом огражденных ремонтируемых участков).

Надежность автомобильной дороги характеризуется вероятностью обеспечения среднегодовой технической скорости движения ТП, близкой к оптимальной в течение нормативного срока (межремонтного периода между капитальными ремонтами) службы дорожной одежды. Количественно эта вероятность выражается числом автомобилей в составе ТП, движущихся со скоростью, не ниже оптимальной, отнесенным к общему числу автомобилей. Надежность автомобильной дороги определяется надежностью ее от-

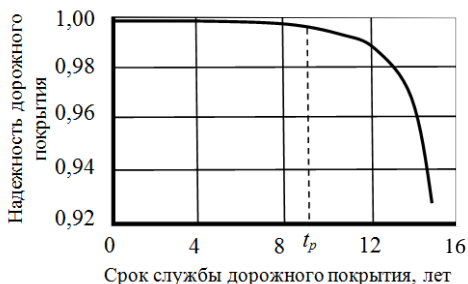
дельных элементов: дорожной одежды и покрытия, геометрических элементов, поперечного профиля, искусственных сооружений и т. д. [62].

Главным из элементов является, прежде всего, надежность дорожного покрытия, при этом основой оценки является учет случайных изменений его прочностного состояния, т. е. определение расчетного срока службы дорожной одежды  $t_p$ . На рисунке 1.148 показан пример изменения надежности дорожного покрытия в зависимости от ее срока службы. На графике видно, что уменьшение надежности начинается после расчетного срока службы дорожной одежды, однако резкое уменьшение надежности наблюдается после 12 лет ее эксплуатации. При росте интенсивности движения расчетный срок службы

$$t_p = 1 + \frac{1}{\lg d} \lg \left( \frac{1}{t_{\text{сл}}} \frac{d^{t_{\text{сл}}} - 1}{d - 1} \right), \quad (1.80)$$

где  $d$  – знаменатель геометрической прогрессии, описывающий рост интенсивности движения от года к году;  $t_{\text{сл}}$  – срок службы дорожного покрытия, лет.

Рисунок 1.148 – Изменение надежности дорожного покрытия в зависимости от срока службы  $t_p$  [62]



Кривая, приведенная на рисунке 1.148, описывается уравнением

$$p = 1 - x_i, \quad (1.81)$$

где  $p$  – надежность дорожной одежды по критерию прочности;  $x_i$  – степень деформируемости дорожной одежды,

$$x_i = 1 - \frac{1}{\sigma_k \sqrt{2\pi}} \int_{K_{\text{пр}1}}^{K_{\text{пр}2}} \exp \left[ -\frac{K_{\text{пр}} - \overline{K_{\text{пр}}}}{2\sigma_k^2} \right] dK_{\text{пр}}, \quad (1.82)$$

$\sigma_k$  – среднее квадратическое отклонение коэффициента прочности на участках с остаточными деформациями;  $K_{\text{пр}1}$ ,  $K_{\text{пр}2}$  – численные значения коэффициентов прочности, в пределах которых определяют величину  $x_i$ ,

$$K_{\text{пр}} = \frac{E_{\text{экв}}}{E_{\text{тр}}}; \quad (1.83)$$

$E_{\text{экв}}$  – эквивалентный (итоговый) модуль упругости  $n$ -слойной системы, МПа;  $E_{\text{тр}}$  – требуемый модуль упругости дорожной одежды, МПа;  $\overline{K_{\text{пр}}}$  – среднее значение коэффициента прочности на участке с остаточными деформациями (как правило,  $\overline{K_{\text{пр}}} = 0,7$ ).

Как следует из зависимости, представленной на рисунке 1.148, в начальный период эксплуатации автомобильной дороги уровень ее надежности наивысший и определяется принятой конструкцией дорожной одежды, покрытия и основания. Далее в ходе эксплуатации их характеристики не остаются постоянными, а постепенно происходит их снижение от первоначального качественного значения. В момент необходимости капитального ремонта дорожное покрытие достигает своих предельных технических характеристик, при этом дальнейшая эксплуатация автомобильной дороги становится невозможной, т. е. возникает отказ. Этот момент характеризуется нижним предельно допустимым уровнем надежности. В случае невыполнения промежуточных ремонтов (обслуживаний) нижний предел наступает быстро вследствие интенсивного разрушения элементов дороги действующим на них комплексом стандартных негативных факторов. Следовательно, при своевременном проведении необходимых работ увеличивается общий срок службы, а надежность дороги повышается до экономически целесообразного уровня.

Изменение состояния автомобильной дороги, в результате которого нарушается ее нормальная эксплуатация в соответствии с заданными нормами, называется отказом<sup>1)</sup>.

Дорога считается надежной, если она функционирует ожидаемым образом, т. е. вероятность отказа работы в течение заданного промежутка времени при определенных условиях эксплуатации является минимальной. Для

<sup>1)</sup> Существуют следующие виды отказов:

– отказ автомобильной дороги – событие, при котором движение по дороге невозможно по причине ее разрушения (стихийные бедствия, катастрофы и т. п.);

– отказ земляного полотна – событие, при котором затрудняется возможность движения из-за потери им несущей способности по причинам размыва насыпей, оползания откосов, переувлажнения полотна, обвалов на полотно, снежных заносов и т. п.;

– отказ дорожной одежды – событие, при котором нарушается возможность выполнения ТП определенной удельной работы, выраженной в т·км/ч или т·км/сут, по причинам, связанным с наличием выбоин, просадок, проломов и т. п.;

– отказ поперечного профиля или геометрических элементов – событие, при котором нарушается возможность безопасного движения по дороге, обусловленная малыми радиусами кривых, крутыми уклонами, необеспеченной видимостью и т. п.

оценки и обеспечения надежности автомобильной дороги в период эксплуатации необходимо систематически исследовать следующие показатели:

- среднюю скорость движения одиночных транспортных средств;
- среднюю скорость смешанного ТП;
- интенсивность движения транспортных средств;
- состав ТП;
- ровность проезжей части;
- прочность дорожной одежды.

По результатам измерений составляют специальные ведомости средней скорости ТП, ровности и прочности дорожной одежды. Если в результате измерений на каких-либо участках выявляются несоответствия нормам, то для них разрабатывают и выполняют ремонтные мероприятия. Затем проводят повторные измерения.

Измеренные значения вышеупомянутых показателей сопоставляют с расчетными, которые должны быть на год обследования. По результатам такого сопоставления дается оценка о достаточности или недостаточности уровня надежности и определяется следующий срок проведения ремонта.

**Проезжаемость автомобильных дорог** – возможность проезда одиночных автомобилей разных типов с минимально допустимой скоростью в разные периоды года характеризует проезжаемость автомобильной дороги. Условия проезда существенно меняются в течение года для одной и той же автомобильной дороги. Однако несмотря на это, дороги высших категорий должны обеспечивать круглогодичную проезжаемость. Это происходит благодаря их оперативному содержанию дорожными службами. На дорогах высших категорий обеспечиваются практически одинаковые условия проезда как в летний, так и в осенне-зимний периоды. По этим дорогам возможен проезд всех типов автомобилей, с нагрузкой, не превышающей расчетную. Ограничения проезжаемости в таких случаях могут касаться только специальных или тяжелых транспортных средств, имеющих большую массу, т. к. толщина дорожной одежды и конструкция искусственных сооружений не всегда рассчитываются на пропуск таких нагрузок. В этом случае говорят о проезжаемости автомобильной дороги для рассматриваемого типа транспортных средств.

Когда речь идет о дорогах низших категорий, то говорят, что они имеют ограниченную проезжаемость для разных типов автомобилей. На проезжаемость влияют различные факторы, например такие, как:

- наличие крутого подъема, который не влияет на проезжаемость по дороге легковых автомобилей, но оказывает большое влияние на режим движения грузовых автомобилей;
- наличие кривых малых радиусов в плане. В этом случае проезжаемость зависит от габаритных размеров автомобилей. Могут возникнуть ситуации,

при которых для проезда крупногабаритных автомобилей потребуются специальные мероприятия по уширению проезжей части;

– габаритные размеры по высоте: дорога может оказаться полностью или частично непроезжаемой для транспортных средств, имеющих размеры, выходящие за габарит;

– временное затопление в весенний период, наличие снежных заносов, гололеда зимой. На таких дорогах возможны случаи полного отсутствия проезжаемости и др.

Таким образом, на проезжаемость автомобильных дорог оказывают влияние следующие группы факторов: состояние и прочность дорожной одежды, состояние проезжей части, природно-климатические условия, геометрические элементы и др.

Если дорога характеризуется незначительной интенсивностью движения, то для предотвращения ДТП с тяжелым исходом и экономической целесообразности имеет смысл закрывать движение на ней или же на отдельных ее участках в неблагоприятные периоды.

В дорожно-эксплуатационных участках должны быть схемы степени проезжаемости дорог для каждого периода года и различных типов транспортных средств. Сведения, содержащиеся в таких схемах, представляют собой важную информацию для планирования маршрутов пассажирских и грузовых перевозок автотранспортными предприятиями.

Учет показателей надежности и проезжаемости автомобильной дороги позволяет дать более полную характеристику о ее транспортно-эксплуатационном состоянии.

---

## 2 ИСКУССТВЕННЫЕ СООРУЖЕНИЯ НА АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГАХ

---

### 2.1 Искусственные сооружения древности

**И**скусственные сооружения (мосты, виадуки, акведуки и др.) активно использовались римлянами уже с VII века до н.э. (рисунок 2.1). Потребность в доставке воды к городам не только подземным, но и надземным способами была весьма очевидна. Ярким примером строительства таких объектов является Рим, где уже во II веке н. э. насчитывалось более 11 подобных сооружений, общая протяженность которых составляла более 300 километров. Один акведук способен был передать до 20000 м<sup>3</sup> воды в день.

Развитием своих путей сообщения и искусственных сооружений Древний Рим походил на современное государство. Он имел около 80000 км дорог со множеством каменных мостов. Каждый крупный город снабжался водой, и в одном только Риме было около 500 км водопроводных линий, из которых 55 км проходило по аркам акведуков.



Рисунок 2.1 – Один из акведуков Древнего Рима [85]

Новая ступень развития рабовладельческого строя характеризовалась огромным количеством рабов, занятых постройкой грандиозных сооружений – акведуков, мостов и общественных зданий. Новым социальным условиям и общественным потребностям отвечали и новая техника, новые технологии. Характерно было применение больших масс бетона, укладка которого могла производиться неквалифицированными рабочими, и широкое распространение сводчатых и арочных конструкций. Однако, что касается мостов, то они в то время строились без применения бетона – из камня.

После падения Римской империи мосты разрушались в течение столетий. В наше время сохранилось лишь около 30 римских мостов и 30 акведуков. Из них 30 таких сооружений находится в Италии (рисунок 2.2), 10 – в Испании, 8 – во Франции, остальные – в Германии и Турции. Частично сохранились мосты в Африке и Азии [84].



Рисунок 2.2 – Пример моста из далматинского мрамора (г. Римини, Италия)

капитально реставрирован в эпоху Возрождения, а затем разрушен наводнением в 1598 году. Сохранился от него лишь один из пяти пролетов, но и в существующем виде он представляет большую архитектурную ценность. Римские мосты, никогда не повторяясь, отличались чрезвычайным богатством композиций и разнообразием видов членений. Стоит отметить, что, несмотря на многочисленность римских сооружений, все они являются сложными постройками, которые и спустя тысячи лет не только не устарели, но и по-прежнему находятся в отличном состоянии.



Рисунок 2.3 – Самый старый из городских мостов Древнего Рима

Мост в г. Римини – самый древний пример косоугольного моста. Своды его косоугольные, так как полотно моста пересекает течение реки наискось (под углом  $77^\circ$ ), поэтому план имеет вид параллелограмма, а не прямоугольника.

На рисунке 2.3 представлен самый старый из городских мостов Древнего Рима, который был

## **2.2 Классификация искусственных сооружений**

Все существующие на данный момент искусственные сооружения, для удобства ознакомления с ними, возможно разделить на следующие три группы [55]:

1) пересекающие естественные препятствия местности (мосты, виадуки);

2) предназначенные для улучшения условий движения транспортных средств и пешеходов (путепроводы, эстакады, многоярусные транспортные пересечения, автомобильные тоннели и др.);

3) специальные сооружения (регуляционные сооружения на мостовых переходах, подпорные стенки, противообвальные галереи, полумосты и балконы, малые мосты, водопропускные трубы и др.).

На практике и в литературе часто используется понятие «мостового перехода».

**Мостовой переход** – комплекс сооружений, используемый для перехода через водоток, состоящий из моста, подходов к нему, берегоукрепительных и регуляционных сооружений (рисунок 2.4).



Рисунок 2.4 – Мостовой переход через р. Березина у г. Светлогорска [55]

Согласно определению мостовой переход включает следующие элементы:

- мост;
- подходы к мосту, состоящие из земляных насыпей, а иногда и выемок на спуске к реке, а также берегоукрепительные сооружения;
- регуляционные сооружения, устраиваемые с целью улучшения условий движения речного потока воды, у мостового перехода и защиты его от повреждений этим потоком.

### 2.2.1 Искусственные сооружения, пересекающие естественные препятствия местности

**Мост** – инженерное сооружение, возводимое через водное пространство, обеспечивающее беспрепятственное перемещение транспортных средств,

**Мосты** а также пешеходов через это пространство.

Основными элементами моста являются:

- *опоры* – несущие элементы мостового сооружения, поддерживающие пролетные строения и передающие нагрузки от пролетных строений на основание (рисунок 2.5, а);



## 248 2 ИСКУССТВЕННЫЕ СООРУЖЕНИЯ НА АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГАХ

– *пролетное строение* – основной несущий элемент конструкции моста (см. рисунок 2.5, а);

– *мостовое полотно*, предназначено для обеспечения безопасности движения транспорта и пешеходов, а также для отвода воды (рисунок 2.5, б).

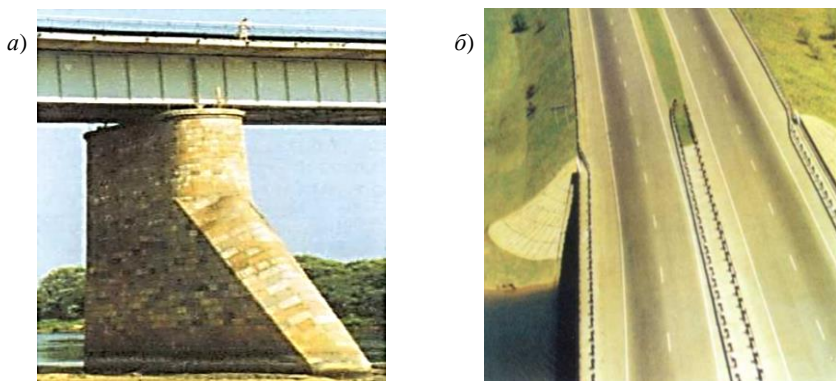


Рисунок 2.5 – Элементы моста [55]:

а – опора и пролетное строение; б – фрагмент мостового полотна

Мостовое полотно состоит из дорожной одежды проезжей части, тротуаров, ограждений, перил, водоотводных устройств, деформационных швов, сопряжений моста с подходами (рисунок 2.6).

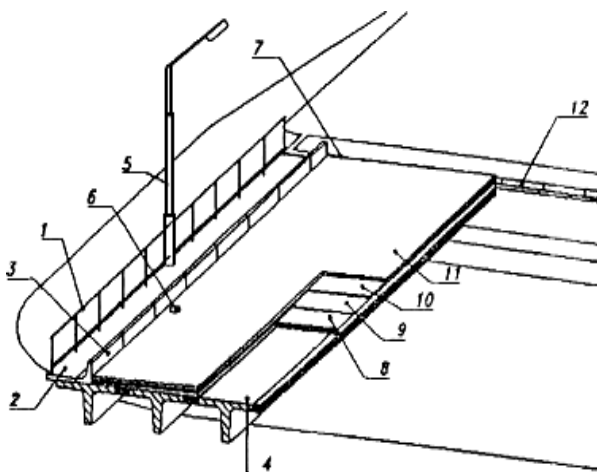


Рисунок 2.6 – Элементы мостового полотна [52]:

- 1 – перильное ограждение;
- 2 – тротуарный блок;
- 3 – ограждение безопасности (бортовой камень, барьер);
- 4 – плита проезжей части;
- 5 – мачта освещения;
- 6 – элементы отвода;
- 7 – деформационный шов;
- 8 – выравнивающий слой;
- 9 – гидроизоляция;
- 10 – защитный слой гидроизоляции;
- 11 – покрытие;
- 12 – переходные плиты

Ширина проезжей части зависит от категории автомобильной дороги, на которой расположен мост. Она должна быть шире проезжей части дороги на величину двух полос безопасности. К элементу мостового перехода относятся также *подходы к мосту*<sup>1)</sup>. Их отличительной особенностью является изменение конструкции земляного полотна в нижней подтопленной водой части насыпи. В этой части откосы принимают более пологими. Их укрепляют для предотвращения разрушения в паводок (весенний период) под действием водного потока и льда. В качестве укрепления принимают чаще всего мощение бетонными плитами. Укрепляются также конусы подходов (рисунок 2.7).

**Мосты на автомобильных дорогах классифицируются по следующим признакам:**

1) материалу для устройства пролетного строения – железобетонные, металлические (стальные), сталежелезобетонные, деревянные, каменные;

2) условию обеспечения прохода судов – высоководные, разводные, наплавные;

3) длине – малые (полной длиной до 25 м), средние (от 25 до 100 м), большие (более 100 м);

4) грузоподъемности – в зависимости от количества единиц эталонной временной нагрузки, которое пролетное строение может выдержать при регулярной эксплуатации. Класс пролетного строения будет определяться наименьшим из классов его отдельных элементов;

5) конструктивному решению пролетного строения – балочные, арочные, рамные, висячие, вантовые.

Далее более подробно рассмотрим классификацию мостов по конструктивному решению пролетного строения и условию обеспечения прохода судов.

**Балочный** – мост, основной несущей конструкцией пролетных строений которого является балка или ферма, опирающаяся на две или более опоры (рисунок 2.8). Основная отличительная особенность балочной системы состоит в том, что с пролётных строений на опоры передаются только вертикальные нагрузки, а горизонтальные отсутствуют. В основном их применяют для перекрытия автомобильными дорогами железнодорожных путей и рек с небольшими судоходными свойствами.



Рисунок 2.7 – Фрагмент мостового перехода с подходами [55]

<sup>1)</sup> *Подходы к мосту* – участки автомобильной дороги, включающие все основные ее элементы, такие, как проезжая часть и обочины, дорожная одежда и земляное полотно.

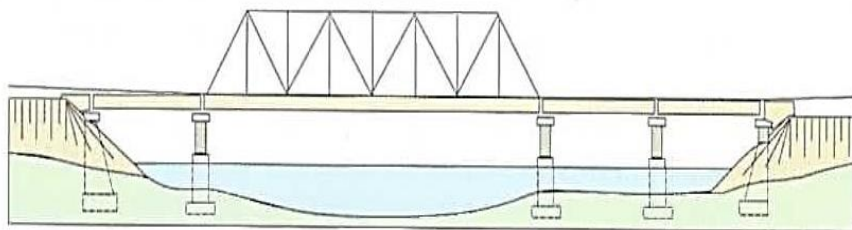


Рисунок 2.8 – Схема балочного моста [55]

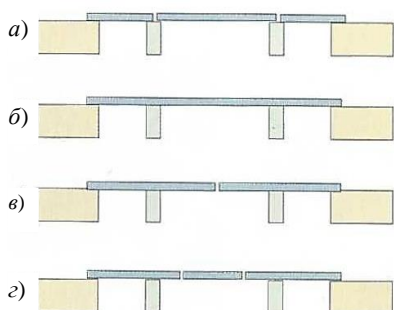


Рисунок 2.9 – Схема разновидностей

балочных мостов [55]:

- а* – разрезные; *б* – неразрезные;
- в* – консольные; *г* – консольные с подвесным пролетом

В Республике Беларусь балочные мосты получили наиболее широкое распространение. По статической схеме они делятся на разрезные, неразрезные и консольные (рисунок 2.9).

Пример балочного моста представлен на рисунке 2.10.

*Разрезная система* состоит из ряда балок, причём одна балка перекрывает один пролёт. Система статически определима и может применяться при любых типах грунтов. Недостатки: большое количество деформационных швов и обязательное наличие двух опорных частей на каждой промежуточной опоре.

Рисунок 2.10 – Балочный мост



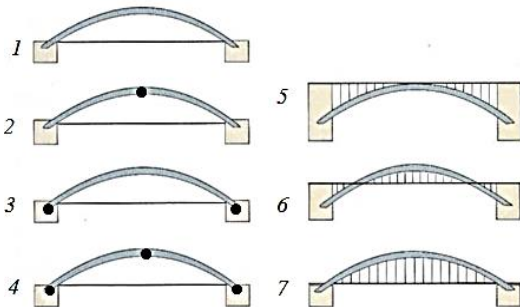
*Неразрезная система* – одна балка пролётного строения перекрывает несколько пролётов или сразу все. Таким образом, пролётное строение неразрезной системы рассчитывается как многоопорная статически неопределимая балка с использованием метода сил, метода перемещений или других методов расчёта статически неопределимых систем, применяемых в строительной механике. Неразрезная система хороша меньшим, чем в разрезной, количеством деформационных швов и меньшей строительной высотой. Недостаток такой системы – чувствительность к деформации основания.

*Консольная система* состоит из двух типов балок. Одни балки опираются на две опоры и имеют консольные свесы. Другие балки называются подвесными, поскольку опираются на соседние балки. Соединение балок осуществляется при помощи шарниров. Достоинством консольной системы является её статическая определимость, а следовательно, лёгкость расчёта и нечувствительность к грунтам. К недостаткам системы можно отнести большое количество и сложность устройства деформационных швов шарнирного типа, а также нарушение комфортности проезда в зоне шарниров. В настоящее время мосты такой системы сооружаются редко.

*А р о ч н ы й* – мост, основой несущей конструкцией пролетного строения которого является арка (или свод), криволинейный стержень (или плита), концы которого закреплены и не могут перемещаться в горизонтальном направлении. В арочных мостах применяют бесшарнирные, одно-, двух- и трехшарнирные арки. По расположению проезда транспортных средств различают арочные мосты с ездой поверху, посередине и понизу (рисунок 2.11).

Рисунок 2.11 – Схемы арочных мостов [55]:

- 1 – бесшарнирная; 2 – одношарнирная; 3 – двухшарнирная; 4 – трехшарнирная; 5 – с ездой поверху; 6 – с ездой посередине; 7 – с ездой по низу



Опоры арочных мостов всегда массивные, поскольку должны быть рассчитаны и на восприятие распора. При больших пролётах арки всегда экономичнее балочных конструкций (но только в отношении пролётных строений). Арочные мосты характерны для горных условий, поскольку позволяют перекрыть большой пролёт, чем балки, а в условиях горного

рельефа сооружение дополнительных опор не оправданно. Также специфическая область применения арочных мостов обусловлена тем, что они требуют большого подмостового пространства, особенно с ездой поверху,



Рисунок 2.12 – Арочный мост через реку  
Западная Двина в г. Витебске [55]

что приводит к удорожанию и усложнению строительства насыпей подходов (которые могут достигать высоты 20 м), к повышению вероятности оползней на таких насыпях в начальный период их эксплуатации. Часто арочные мосты строят в городских условиях из соображений инженерной эстетики (рисунок 2.12).

Рамный – мост, пролетное строение которого жестко связано с верхом опор и представляет собою раму<sup>1)</sup>. Основой современных рамных мостов служат Т-образные рамы, на основе которых получают рамно-консольную и рамно-подвесную системы мостов (рисунок 2.13). При этом пролетное строение работает как балка с упруго закрепленными концами и опоры испытывают большие изгибающие усилия. Поэтому рамные мосты обычно выполняются из железобетона, при этом их главным достоинством является малый расход железобетона. Достоинствами рамной системы также являются небольшая строительная высота и увеличенное по сравнению с балочными системами подмостовое пространство.

Недостатками рамной системы являются сложность строительства и чувствительность к деформации основания. Такие системы в настоящее время малоприменимы из-за дороговизны и специфичности.

Пример рамного моста представлен на рисунке 2.14.

Висячий – мост, в пролетном строении которого несущими элементами служат гибкие криволинейные нити (кабели), поддерживающие с помощью подвесок балку (ферму) жесткости и передающее усилие на пилон (рисунок 2.15). Висячие мосты, так же как и вантовые, позволяют получить сверхбольшие пролеты (500–2000 м) (рисунок 2.16).

---

<sup>1)</sup> Рамой называется конструкция, в которой пролетное строение и опоры представляют собой единое целое.

Рисунок 2.13 – Схемы  
рамных мостов [55]:  
а – рамно-неразрезная;  
б – рамно-консольная;  
в – рамно-подвесная

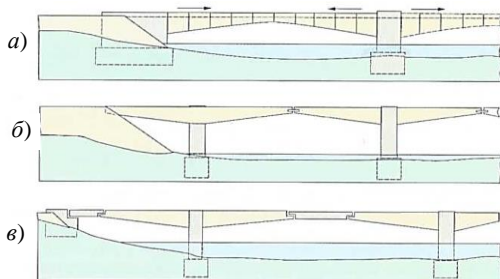


Рисунок 2.14 – Рамный мост

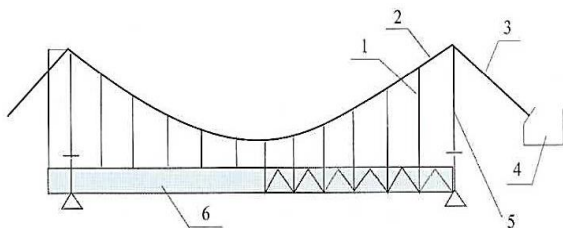


Рисунок 2.15 – Схема  
висячего моста [55]:

- 1 – подвеска;
- 2 – нить (кабель);
- 3 – оттяжка;
- 4 – анкерная опора;
- 5 – пилон;
- 6 – балка жесткости

Рисунок 2.16 –  
Висячий мост



Основной особенностью висячих мостов является то, что их главный несущий элемент – свободно провисающая нить (кабель) – является системой геометрически изменяемой. Кабель не может воспринимать сжимающих усилий, т. к. при этом теряет устойчивость. Из-за этого обстоятельства висячие системы обладают пониженной жесткостью. Висячие мосты с балкой жесткости являются наиболее распространенным типом висячих мостов. Балка непосредственно воспринимает и распределяет временную нагрузку более равномерно по длине провисающей нити, что приводит к ограничению (уменьшению) геометрической нелинейности (геометрической изменяемости) кабеля.

Вантовый – мост, пролетное строение которого состоит из балки жесткости и поддерживающих ее прямолинейных гибких растянутых элементов – вант, закрепленных на пилонах (рисунок 2.17). В качестве пилона выступает мощная опора, поддерживающая устой (береговые опоры, служащие для соединения моста с подходными насыпями) мостов.

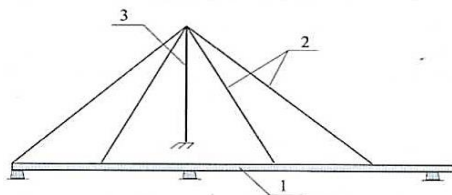


Рисунок 2.17 – Схема элементов вантового моста [55]:

- 1 – балка жесткости; 2 – ванты;  
3 – пилон

Роль основной несущей конструкции выполняет вантовая ферма, выполненная из прямолинейных стальных канатов. Ванты прикреплены к пилонам – высоким стойкам, монтируемым непосредственно на опорах. Пилоны в основном располагаются вертикально, но не исключено и наклонное их расположение. К вантам крепится балка жесткости, на которой располагается мостовое полотно. Ванты располагаются под углом наклона к горизонтали не менее  $30^\circ$ , т. к. в противном случае в них возникают большие усилия, и жесткость сильно уменьшается.

Наиболее распространенный тип вантовых автодорожных мостов – вантово-балочный. Это относительно легкие большепролетные балки, поддерживаемые в ряде точек пролета вантами. Наиболее часто вантовая система применяется при перекрытии глубоких рек.

Основное назначение балки жесткости в вантово-балочных мостах заключается в восприятии изгиба в пределах панели вантовой фермы (т. е. работа на местную нагрузку) и равномерном распределении нагрузки между соседними вантами. С экономической точки зрения балку следует применять как можно менее жесткой.

В вантовых мостах проезжая часть поддерживается геометрически неизменяемой (по сравнению с висячими мостами) системой из вант, подо-

бранных так, чтобы при любом положении на мосту временной нагрузки все ванты работали только на растяжение.

На рисунке 2.18 представлен один из примеров вантового моста.

Рисунок 2.18 –  
Вантовый мост



Рисунок 2.19 – Высоководный мост [84]

**Высоководный** – мост, подмостовой габарит которого допускает свободный пропуск паводка, ледохода, сплавного леса и судов (рисунок 2.19). При отсутствии на реке судоходства или сплава леса возвышение низа пролетного строения над уровнем высоких вод определяется безопасностью ее пропуска под мостом.

**Разводной** – особый тип моста, имеющий подвижное пролетное строение для обеспечения пропуска судов. В разведенном состоянии такой мост не мешает пропуску судов (рисунок 2.20). Разводные мосты, как правило, строят на судоходных реках и каналах в плотной застройке, когда другими способами «развязать» наземный транспорт и судоходство не удаётся, а также при невозможности или нецелесообразности возведения высоких насыпей (подходов к мосту).

Разводные мосты располагают на уровне, недостаточном для прохода под ним судов. Поэтому часть моста (разводное пролетное строение) делают раскрывающейся вверх или в стороны. В разводных мостах неизбежны перерывы движения транспортных средств по дороге при раскрытом состоянии моста или по реке, когда мост сведен (рисунок 2.21).



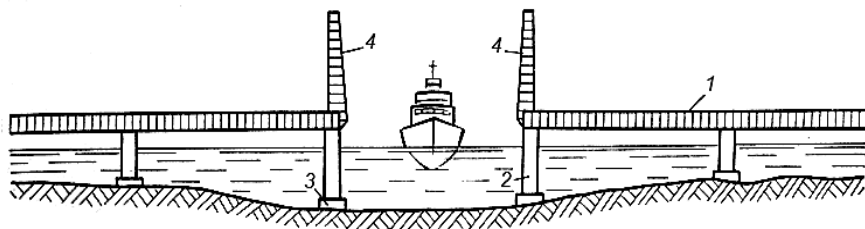


Рисунок 2.20 – Схема разводного моста [52]:  
1 – пролетное строение с ездой поверху; 2 – промежуточная опора (бык);  
3 – фундамент опоры; 4 – разводное пролетное строение



Рисунок 2.21 – Разводной мост [84]

Особенности конструкции разводных мостов: 1) разводятся поднятием средней части (пролёт поднимается в горизонтальном положении вверх); 2) пролёт (пролёты) моста поднимается, поворачиваясь вокруг одного из шарниров; 3) средняя часть шарнирно укреплена на стоящей в середине реки опоре. Мост разводится поворотом средней части на 90°.

Таким образом средняя часть становится параллельна руслу реки.

Когда гидрогеологические условия мостового перехода неблагоприятны для сооружения жестких опор в русле или возведение этих опор дорого и продолжительно по времени, применяют *наплавные сборно-разборные мосты* (рисунок 2.22). К неблагоприятным условиям относят большую глубину воды, мощный слой слабых илистых размываемых грунтов в основании или, наоборот, скальное дно глубокой реки. Скорость течения воды в реке не должна превышать 2 м/с. Скорость движения транспортных средств по наплавным мостам ограничена до 30 км/ч. Наплавные мосты весьма эффективны благодаря простоте и скорости наводки-разводки. К недостаткам наплавных мостов нужно отнести сезонность работы, ограничение судоходства и сплава, необходимость изменения конструкции переходной части при больших колебаниях уровня воды, а также потенциальную возможность получения пробоин и затопления плавучих опор.

Рисунок 2.22 –  
Наплавной мост  
[84]



Трансбордер (мост-паром) устраивают в случае необходимости пересечения широкого водного пространства при слабом движении транспортных средств между берегами. Он состоит из легкой конструкции, перекрывающей водное препятствие и имеющей пути для тележки, поддерживающей подвесную платформу, служащую для перевозки грузов (рисунок 2.23).

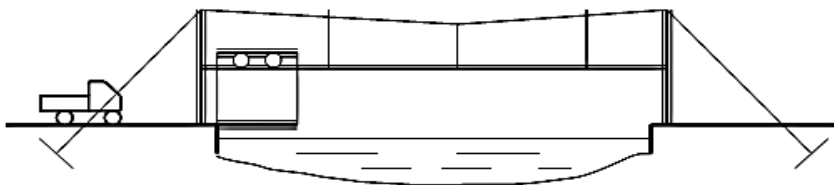


Рисунок 2.23 – Схема трансбордера [52]

В качестве примера многообразия существующих мостов выше была представлена их классификация лишь по основным критериям, однако на самом деле их множество. Но в современной практике, как и при сооружении мостов в Древнем Риме, подход к их строительству зачастую индивидуален, что связано как с ландшафтными и погодными условиями, так и с предъявляемыми к каждому конкретному объекту требованиями и необходимыми характеристиками.

**Виадук** – искусственное сооружение над естественными препятствиями местности (глубокие лога, ущелья, лощины, овраги) для пропуска пешеходов и различных видов транспорта.

К элементам виадуков относятся: пролетные строения, промежуточные опоры, береговые опоры (устои). Пролетное строение – конструкция, перекрывающая пространство между опорами, поддерживающая все проезжающие по мосту нагрузки и передающая их вес и свой собственный вес на опоры. Крайние (береговые) опоры, примыкающие к насыпям подходов, называются устоями, все остальные – промежуточными (рисунок 2.24).

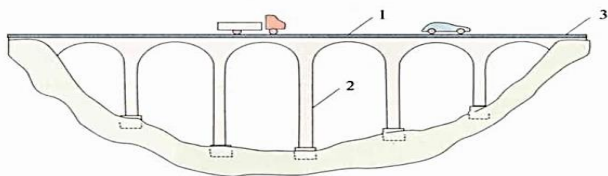


Рисунок 2.24 –  
Схема виадука [55]:  
1 – пролетное строение; 2 – промежуточная опора; 3 – устой

При большой глубине пересекаемого препятствия устройство высокой насыпи может потребовать настолько больших земляных работ, что целесообразнее окажется построить виадук. Обычно применение последнего становится выгоднее насыпи при глубине пересекаемого препятствия более 20–25 м.

**Виадуки подразделяются [55]:**

– по назначению или виду транспорта на них – *железнодорожные* (рисунок 2.25), *автодорожные* (рисунок 2.26), *трубопроводные* и *совмещенные*;



Рисунок 2.25 – Виадук железнодорожный (металлический) [55]

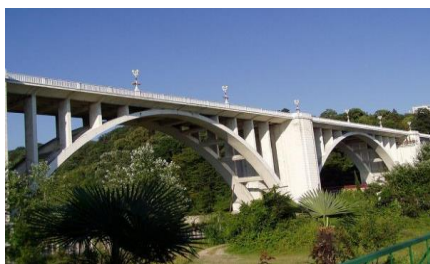


Рисунок 2.26 – Виадук автодорожный (железобетонный)

– месту расположения – *городские, на дорогах вне города*;

– материалу пролетных строений – *металлические* (рисунок 2.25), *железобетонные* (рисунок 2.26), *каменные* (рисунок 2.27), *сталежелезобетонные, бетонные*;

– числу пролетов – *однопролетные, многопролетные*;

– системе конструкций пролетных строений – *балочные* (рисунок 2.24), *арочные* (рисунок 2.28), *висячие* (рисунок 2.29), *рамные*;



Рисунок 2.27 – Виадук каменный [55]



Рисунок 2.28 – Виадук арочный [55]



Рисунок 2.29 – Виадук висячий

– расположению проезжей части относительно несущей конструкции – *с ездой поверху, понизу и посередине*;

– капитальности и сроку службы – *капитальные*, рассчитанные на многие десятилетия и сооружаемые из долговечных материалов; *временные* – облегченной конструкции из менее долговечных материалов; *краткосрочные*, проектируемые на один сезон (до одного года).

– длине и сложности проектирования и строительства:

- *малые* – общей длиной (между наружными гранями крайних опор) до 25 м включительно;
- *средние* – полной длиной до 100 м при длине отдельных пролетов до 50 м;
- *большие* – общей длиной до 500 м или при длине отдельных пролетов до 100 м;
- *внеклассные* – свыше 500 м или при длине отдельных пролетов более 100 м.

### 2.2.2 Искусственные сооружения, предназначенные для улучшения условий движения транспортных средств и пешеходов

Путепроводом называют мостовое сооружение через автомобильную или железнодорожную дорогу или улицу. Элементы путепроводов аналогичны элементам виадуков (рисунок 2.30). Путепровод представляет собой мостовое сооружение, по которому сухопутные дороги пропускаются одна над другой, создавая пересечения в разных уровнях с независимым движением транспорта. Они позволяют экономить пространство в плотных застройках городов, а также в труднодоступной местности, когда другие варианты пересечений автомобильных дорог экономически нецелесообразны. В целях экономии земли используются также и многоярусные путепроводы (рисунок 2.31).

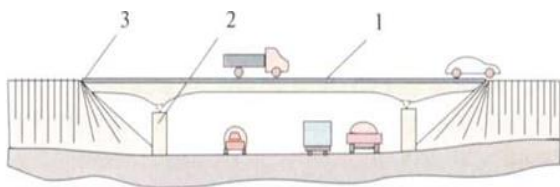


Рисунок 2.30 – Схема путепровода [55]:  
1 – пролетное строение;  
2 – промежуточная опора; 3 – устой

а)



б)



Рисунок 2.31 – Автодорожный путепровод:  
а – простой двухуровневый; б – многоярусный

К устройству путепроводов приходится прибегать при взаимном пересечении двух автомобильных дорог с интенсивным движением, автомагистрали с городской улицей (рисунок 2.32) или автомобильной дороги с железнодорожными путями.

Рисунок 2.32 – Путепровод автомагистрали с городской улицей и рамной системой [55]



По статической схеме различают путепроводы:

– балочно-разрезные, которые имеют опоры, обеспечивающие передачу на грунт вертикальных давлений от двух опорных частей пролетных строений и горизонтальных от тормозной и центробежной сил. Пролеты разрезных пролетных строений обычно не превышают 40 м;

– балочно-неразрезные – для пересечения широких дорог и улиц и промежуточные опоры в которых располагаются на разделительной полосе (рисунок 2.33).

Рисунок 2.33 –  
Путепровод через  
автомобильную дорогу  
балочно-неразрезной [55]



Весьма широкое распространение находит рамная система с наклонными стойками (см. рисунок 2.32). Использование в такой системе наклонных стоек позволяет улучшить условия видимости для проезжающих под путепроводами автомобилей и повышает тем самым безопасность движения.

При проектировании и устройстве путепроводов используется также арочная система, которая оправдывает себя при наличии плотных грунтов основания. Путепроводы рамной и арочной систем позволяют перекрывать пролеты до 60 м. В современных путепроводах начала находить применение балочно-вантовая система, которая содержит в своем составе гибкие элементы-ванты, а на уровне проезжей части – неразрезную балку жесткости. Такая система оправдывается при необходимости перекрытия значительных пролетов.

Полная высота путепровода при пересечении улиц или дорог на поверхности земли определяется габаритами движения по дороге. Путепроводы, пропускающие автомобильное движение над железнодорожными путями, имеют высоту, определяемую габаритом приближений строений для железнодорожного подвижного состава.

**Подэстакадой** понимают мостовое сооружение для беспрепятственного пропуска транспортных средств над поверхностью земли. Элементы **Эстакады** эстакад аналогичны элементам виадуков и путепроводов, за исключением устоев (рисунок 2.34).

Транспортная эстакада – протяжённое инженерное сооружение, состоящее из ряда однотипных опор и пролётов, предназначенное для размещения дороги выше уровня земли с целью обхода занятых земель (чаще всего в городах) или транспортных потоков – разворотные эстакады.

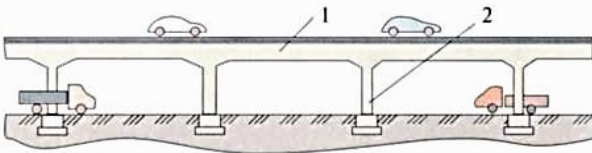


Рисунок 2.34 –  
Схема эстакады [55]:  
1 – пролетное строение;  
2 – промежуточная опора

Эстакада представляет собой мостовую конструкцию, служащую для проведения дороги на некоторой высоте над поверхностью земли, с тем чтобы нижележащее пространство могло быть использовано для проезда или других целей. Эстакады зачастую используют в качестве эстакадного подъезда к пролету моста, а иногда просто для отделения автомагистрали (зачастую – метро) от городской инфраструктуры. Эстакады бывают двух- и многоуровневыми. Их применяют в следующих случаях [55]:

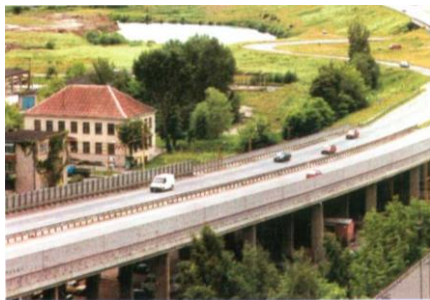


Рисунок 2.35 – Эстакада над городской застройкой [55]

– на пересечении двух или более транспортных магистралей;

– подходах к большим мостам вместо высоких насыпей;

– подходах к местам скопления большого числа автомобилей (вокзалам, аэропортам, гостиницам, стадионам и т. п.);

– для пропуска скоростных автомагистралей над городской застройкой независимо от сложившейся сети улиц (рисунок 2.35) и т. п.

По расположению в плане различают *прямолинейные, криволинейные, разветвляющиеся, кольцевые* и *спиральные* эстакады, по числу уровней движения – *одно- и многоярусные*.

В большинстве случаев распространены эстакады балочной и рамной систем, реже применяют арочную или вантовую системы. Эстакады с пролетными строениями балочно-неразрезной системы наиболее удобны в эксплуатации и экономичны в строительстве. При большой общей длине эстакад пролетные строения разделяют над промежуточными опорами деформационными швами на отдельные многопролетные секции длиной от 60 до 80 м и более. По типу конструкции различают на *плитные, ребристые, коробчатые* пролетные строения. *Плитные* пролетные строения делают постоянной или переменной высоты, сплошного сечения, с продольными или поперечными пустотами. *Ребристые* пролетные строения имеют в поперечном сечении несколько ребер постоянной или переменной толщины, с нижним утолщением или без него. *Коробчатые* пролетные строения могут иметь одноконтурное, полуоткрытое или многоконтурное поперечное сечение.

Опоры эстакад могут быть *стоечными, столбчатыми, рамными* и *в виде стенок*. Возможны и другие типы опор, в которых комбинируют два или более основных типа. Выбор способа производства работ по возведению эстакад зависит от местных условий планировки, наличия строительного оборудования и других факторов.

При взаимном пересечении магистральных улиц между собой в особо сложных случаях разрабатываются индивидуальные проекты многоярусных транспортных пересечений. Многоярусные транспортные развязки могут осуществляться с использованием эстакад или тоннелей<sup>1)</sup>, при этом последние во многих случаях оказываются предпочтительнее (рисунок 2.36). К преимуществам тоннельных развязок можно отнести меньшую территорию занятости, по сравнению с эстакадами и защищенность от неблагоприятных атмосферных воздействий. Кроме названного, зачастую автотранспортные тоннели совмещают с другими подземными сооружениями: автостоянками, пешеходными тоннелями и др. Автодорожные тоннели под городскими застройками позволяют существенно разгрузить центр города от потока автотранспорта и снизить аварийность.

По месторасположению тоннели подразделяются [52]:

- на *горные*, прокладываемые через горные хребты или возвышенности (рисунок 2.37, а);
- *подводные*, устраиваемые под реками, морскими проливами и заливами вместо мостового перехода (рисунок 2.37, б);
- *городские*, предназначенные для пропуска транспортных потоков или пешеходов в городах (рисунок 2.37, в, г).

В зависимости от глубины расположения от поверхности земли различают тоннели глубокого ( $H > 10\text{--}15$  м) или мелкого заложения ( $H < 10$  м). Городские тоннели в пересечениях улиц и площадей, а также пешеходные тоннели, как правило, делают *мелкого заложения*. Тоннели *глубокого заложения* проходят на большой глубине в толще горных пород (горные тоннели) или ниже уровня воды (подводные тоннели). Возведение тоннелей глубокого заложения требует специальных методов производства работ.

Способы сооружения тоннелей весьма разнообразны и определяются их протяженностью, глубиной заложения, топографическими, инженерно-геологическими и градостроительными условиями, а также экономическими и экологическими соображениями.

Горные тоннели сооружают, постепенно разрабатывая породу и укрепляя ее в случае необходимости временными деревянными или металлическими (реже железобетонными) креплениями<sup>2)</sup>. Мягкие породы разрабатывают механизированными щитами или инструментом, а скальные – буровзрывным методом.

---

<sup>1)</sup> *Тоннелем* называют горизонтальное или наклонное подземное искусственное сооружение, имеющее значительную протяженность и предназначенное для транспортных целей [52].

<sup>2)</sup> *Крепёж* – искусственное сооружение, возводимое для предотвращения возможности обрушения окружающих горных пород в горных выработках при строительстве, в том числе и тоннелей.



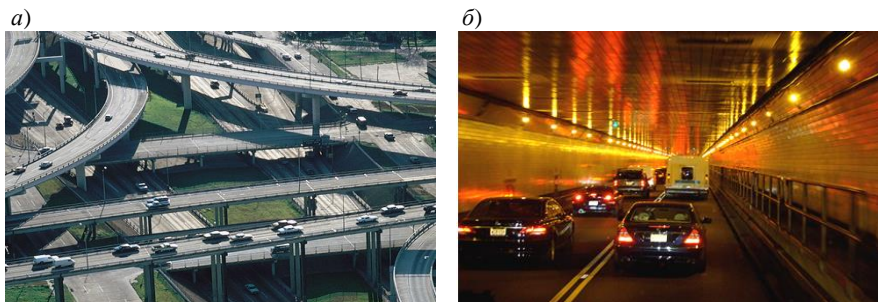


Рисунок 2.36 – Многоярусные транспортные пересечения с использованием: а – эстакад; б – тоннелей

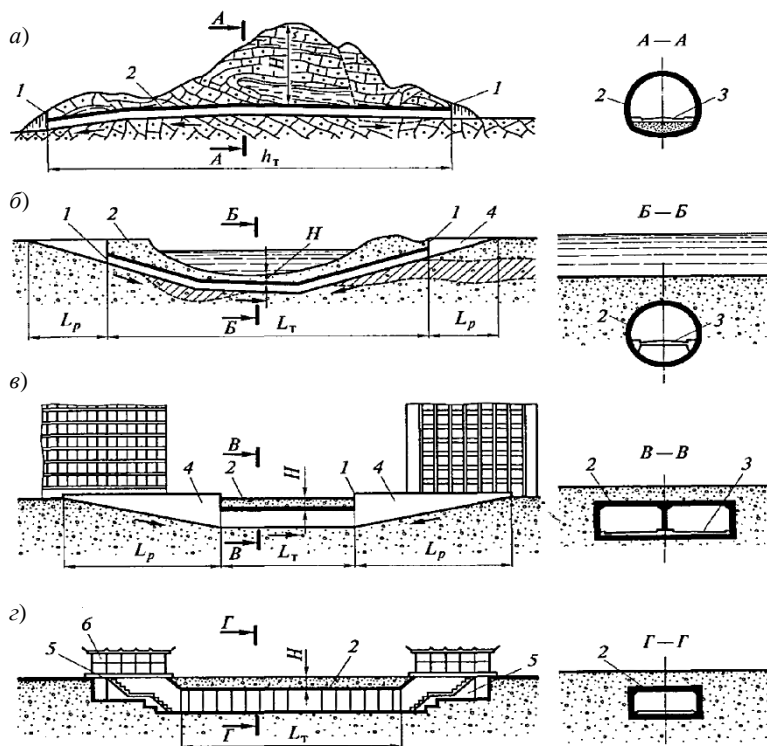
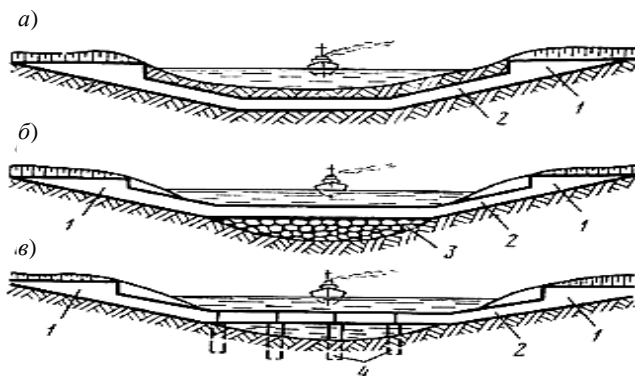


Рисунок 2.37 – Схемы автотранспортных (а-в) и пешеходного (г) тоннелей [52]: 1 – портал; 2 – тоннель; 3 – проезжая часть; 4 – рампа; 5 – лестничный сход; 6 – павильон

Устройство подводного тоннеля оказывается целесообразным при необходимости пересечения автомобильной дорогой крупной реки, морского залива или пролива, когда постройка моста нежелательна из-за стеснения судоходства или других соображений. Различают тоннель, проходящий в толще естественного грунта под руслом реки (рисунок 2.38, *а*), тоннель, уложенный по выровненному дну или подводной дамбе (рисунок 2.38, *б*) и тоннель-мост, опирающийся на отдельные подводные опоры (рисунок 2.38, *в*).

Рисунок 2.38 –  
Схемы подводных  
тоннелей [52]:  
1 – рамповый участок;  
2 – подводный  
участок; 3 – дамба;  
4 – опоры тоннеля



Для нормальной эксплуатации тоннелей необходимо предусматривать в них обустройства для отвода воды, вентиляции (при длинных тоннелях), освещения, а также обеспечения безопасности движения автомобилей.

**Пешеходный переход** – инженерное устройство, служащее для безопасного перехода пешеходами проезжей части автомобильной дороги. Пешеходные переходы устраиваются в зависимости от уровня расположения по отношению к проезжей части: 1) в одном уровне с автомобильной дорогой – наземные; 2) в нескольких уровнях – в виде пешеходного моста или пешеходного тоннеля, в зависимости от функционального назначения.

**Наземный пешеходный переход** – область дороги, используемая пешеходами для перехода на другую сторону проезжей части. Их устраивают двух видов: 1) обозначенный, с помощью знаков и/или дорожной разметки (рисунок 2.39, *а*); 2) с устройством пешеходного моста над автомагистралью с интенсивным движением (рисунок 2.39, *б*); 3) с устройством надземного распределительного кольца для пешеходов (рисунок 2.40).



Рисунок 2.39 – Наземные пешеходные переходы:

а – обозначенный, с помощью знаков и/или дорожной разметки; б – в виде пешеходного моста



Рисунок 2.40 – Мост-кольцо для пешеходов

Подземный пешеходный переход – инженерное сооружение под областью автомобильной дороги, используемое для безопасного прохода пешеходов на другую сторону проезжей части.

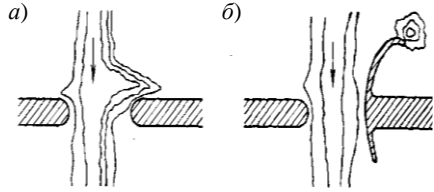
### 2.2.3 Специальные сооружения.

#### Малые водопропускные сооружения

Неблагоприятное развитие русловых деформаций в районе мостового перехода может привести к повреждениям возводимых сооружений. Чтобы сделать неизбежные русловые деформации безопасными для транспортных сооружений, в состав мостового перехода включают регуляционные сооружения различной формы, конструкции и назначения, при этом форму и размеры сооружений устанавливают исходя из конкретных задач регулирования.

Чтобы разгрузить пойменный участок отверстия моста от излишнего количества воды и ликвидировать опасный местный размыв у конуса насыпи (рисунок 2.41, а), применяют **пойменные струенаправляющие незатопляемые сооружения** (рисунок 2.41, б). Под их действием течение под мостом становится близким к прямолинейному и равномерному, а местный размыв в данном случае отодвигается вверх против течения к голове струенаправляющего сооружения, а в ряде случаев также и уменьшается.

Рисунок 2.41 – Схема защиты конуса перехода от подмыва [38]:  
 а – опасный местный размыв у конуса насыпи;  
 б – пойменное струенаправляющее незатопляемое сооружение



Регуляционные сооружения в виде струенаправляющих дамб и траверс и берегоукрепительные устройства применяются для защиты берегов реки у моста от значительного размыва.

Струенаправляющие дамбы сооружают у береговых опор в виде земляных насыпей с трапецевидным поперечным сечением, придавая им в плане очертание, способствующее плавному протеканию в отверстие моста водного потока с верховой части реки (рисунок 2.42, а, б). Они необходимы при средней скорости движения воды на пойме более 1 м/с и пойменном расходе воды более 15 % от расчетного.

С верховой стороны мостового перехода иногда устраивают траверсы в виде коротких дамб, выступающих в реку перпендикулярно или под углом к берегу или насыпи подхода (рисунок 2.42, б). Траверсы снижают скорость течения воды вдоль берега или насыпи, предохраняют их от размыва и способствуют направлению водного потока в отверстие моста.

Пойменные криволинейные струенаправляющие дамбы проектируют двух типов: шпоровидные и грушевидные (рисунок 2.43). Как правило, первые из них экономичнее. Применение грушевидных дамб целесообразно только в том случае, если пойменная насыпь, косо пересекающая разлив, является направляющей для потока пойменных вод.

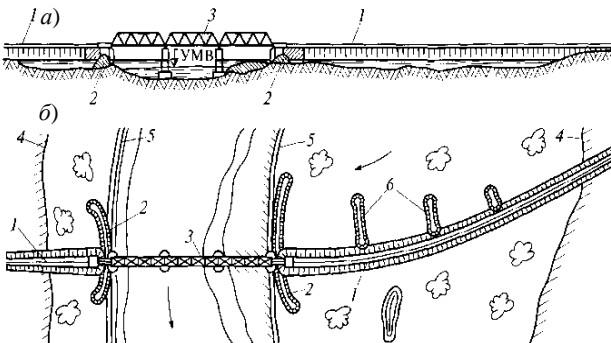


Рисунок 2.42 – Профиль (а) и план (б) мостового перехода с комплексом регуляционных сооружений [52]:

- 1 – насыпь подхода;
- 2 – струенаправляющая дамба; 3 – мост;
- 4 – граница затопления поймы; 5 – укрепление берега; 6 – траверса

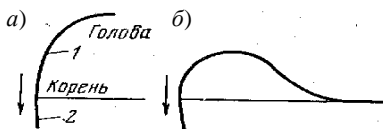


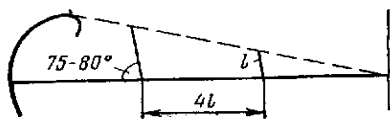
Рисунок 2.43 – Криволинейные струенаправляющие дамбы [38]:  
 а – шпоровидная; б – грушевидная

Длина струенаправляющих дамб должна быть тем больше, чем больше подмостовое русло перегружается водой, т. е. чем большая часть пойменного расхода воды проходила ранее по участку поймы, перекрытому насыпью подхода к мосту. Кроме того, длина дамб должна быть тем больше, чем больше и чем быстрее происходят русловые деформации на переходе. Для плавного сужения и постепенного выпрямления струй, притекающих к мосту с поймы, длина струенаправляющих дамб должна соответствовать плавным размерам потока, т. е. определяется отверстием моста. Таким образом, размеры дамб должны быть увязаны с шириной разлива реки.

Отметка верха дамбы определяется по условию незатопленности дамбы при уровне высокой воды с учетом набега волны. Ширина струенаправляющей дамбы поверху принимают 3 м на всем протяжении низовой и верховой и 3–5 м – в зоне головы дамбы. Заложение откоса со стороны русла – не менее 1:2, со стороны поймы – 1:1,15. Откос со стороны русла и головы дамбы укрепляют мощением железобетонными плитами, камнем, а со стороны поймы – засевом трав по плодородному слою.

Для активной защиты насыпей от продольных течений устраивают поперечные незатопляемые сооружения – траверсы, отклоняющие течение пойменных вод от откоса насыпи. Такие поперечные сооружения подвергаются набегу пойменных струй и подмыву их головных частей. Однако эти повреждения могут быть устранены в периоды между паводками. Для устройства траверс используют чаще всего грунт, дерн и небольшое количество камня, в связи с чем стоимость строительства траверсов меньше, чем укреплений откоса насыпи. Траверсы можно применять только при отсутствии набега волн на насыпь. В противном случае нужно обязательно укреплять откосы насыпи, так как траверсы не предохраняют насыпь от воздействия волн (рисунки 2.42, 2.44).

Рисунок 2.44 – Схема расположения пойменных траверсов [38]:  
 $l$  – длина укрепления по откосу, м



Траверсы целесообразно применять также при больших скоростях течения воды на мостовых переходах через предгорные реки.

*Прямолинейные струенаправляющие сооружения*, возводимые для смещения размыва вверх от мостового перехода или для отжима мощных пойменных течений от конуса подхода или устоя моста, устраиваются достаточно длинными, т. к. иначе вихревые зоны будут располагаться близко к мосту и угрожать подмывами опор моста. Как правило, размеры верхних прямолинейных пойменных струенаправляющих сооружений назначают равными половине отверстия моста, а низовых дамб – четверти отверстия. Аналогично размерам криволинейных сооружений размеры прямолинейных дамб корректируются соответственно местным условиям.

При прохождении автомобильной дороги по берегу канала, водохранилища, реки, плотины для обеспечения ее устойчивости и безопасности движения **Подпорные стенки** применяются **подпорные стенки** – геотехнические сооружения, предназначенные для обеспечения устойчивости вертикальных или крутых склонов, обсыпных мостовых устоев, опор арочных мостов и анкерных опор висячих мостов. Существующие варианты подпорных стенок представлены на рисунке 2.45.

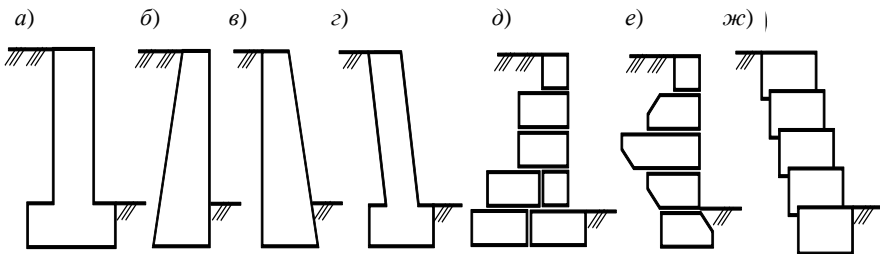


Рисунок 2.45 – Схемы существующих подпорных стенок [3]:

- а* – с двумя вертикальными гранями; *б* – вертикальной лицевой и наклонной тыльной гранями; *в* – наклонной лицевой и вертикальной тыльной гранями; *г* – наклонной лицевой и вертикальной тыльной гранями в сторону засыпки; *д* – вертикальной лицевой и ступенчатой тыльной; *е* – вертикальной лицевой и ломаной тыльной; *жс* – ступенчатыми лицевой и тыльной гранями

Сборные блочные стены также могут иметь различные форму поперечного сечения и наклоны лицевых и тыльных граней (рисунок 2.45, *д*, *е*, *жс*).

Стены с наклонными гранями применяют преимущественно в монолитном варианте, а с вертикальными или ступенчатыми – монолитными или из сборных бетонных блоков.

В зависимости от выбранного материала подпорные стенки могут быть произведены из бетона, железобетона, металла, бутового камня (глыбы, валуны), дерева или комбинации данных материалов.

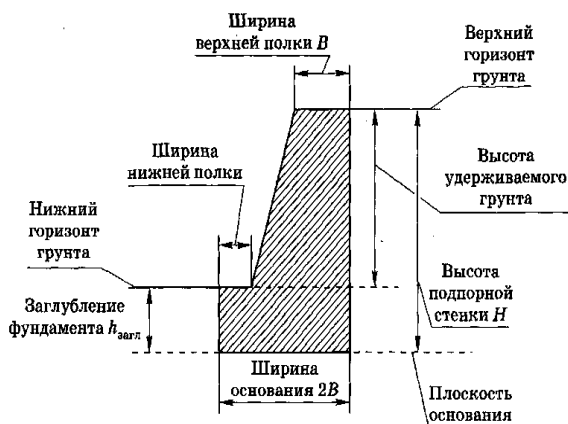


Рисунок 2.46 – Схема конструкции подпорной стенки [36]

Фундамент стенки заглубляется в грунт на всю свою высоту. Верхняя часть подпорной стенки должна находиться на уровне верхнего горизонта грунта, в свою очередь верх фундамента стенки должен выходить на уровень нижнего горизонта грунта. При этом разница между верхним и нижним горизонтами грунта должна составлять высоту грунтового массива (рисунок 2.46).

Проектирование подпорных стенок в Республике Беларусь осуществляется в соответствии с нормативным документом [22].

В местах, где дороге угрожают снежные или каменные обвалы, приходится устраивать защитные **противообвальные галереи**, перекрывающие **Противообвальные** дорогу и обеспечивающие пропуск над ней масс обвала (рисунок 2.47). Галерею всегда желательно располагать на горном склоне так, чтобы по возможности избежать непосредственного падения на нее обвальных масс. Для уменьшения динамического воздействия камней и снега галерею покрывают наклонной засыпкой из каменного материала толщиной до 2–3 м.

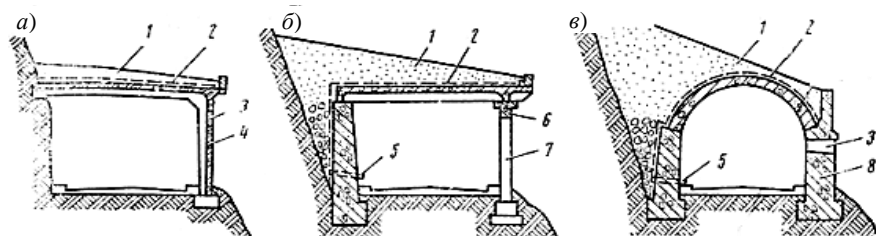


Рисунок 2.47 – Противообвальные галереи [52]:

- а – рамная; б – балочная; в – арочная; 1 – защитная засыпка на перекрытии галереи; 2 – слой гидроизоляции; 3 – проем для освещения и вентиляции; 4 – сплошная наружная стенка; 5 – водоотводная трубка; 6 – продольный прогон; 7 – стойка (опора); 8 – массивная наружная стенка

При проектировании противообвальных галерей следует обеспечить надежность и долговечность конструкции, ее водонепроницаемость, высокое качество выполнения монтажных стыков, сопряжений и опираний, а также возможность использования местных строительных материалов.

Существуют следующие типы конструкций галерей:

– *балочные* – позволяют полностью освободить низовые опоры от восприятия горизонтальных составляющих силы давления обвала и касательной силы трения, передаваемых на галерею при движении обвала (каменной и т. п.). Галереи данного типа наиболее просты в изготовлении и монтаже;

– *рамные* – предоставляют возможность сократить объем работ по перекрытиям и опорам, что существенно при больших расчетных нагрузках. В галереях данного типа горизонтальные составляющие силы давления обвала и касательной силы трения, как правило, передаются в том числе и на низовые опоры и стыковые соединения, поэтому монтаж последних усложняется;

– *арочные* – позволяют снизить расход материалов (арматуры и т. д.), однако их применение существенно ограничивается благоприятными топографическими и геологическими условиями. Низовые опоры таких галерей воспринимают значительные горизонтальные силы от перекрытия, в связи с чем конструкция их усложняется.

Окончательный выбор типа и конструкции галереи производится путем технико-экономического сравнения возможных вариантов.

В современных условиях наиболее употребительными являются железобетонные защитные галереи монолитной или сборной конструкции. Монолитные железобетонные галереи обычно имеют рамную конструкцию (см. рисунок 2.47, *а*). Наружная часть галереи может быть сплошной (см. рисунок 2.47, *а*) с проемами для освещения и вентиляции или же открытой с опорами в виде отдельных стоек (см. рисунок 2.47, *б*). Сборные конструкции железобетонных галерей монтируют из готовых блоков на месте при помощи крана. Сборная галерея обычно имеет перекрытие из ребристых балочных элементов, опирающихся на продольный прогон, лежащий на стойках, тоже представляющих собой готовые элементы (см. рисунок 2.47, *б*). Со стороны откоса иногда требуется опора для закрепления грунта горного склона. Эту опору делают в виде массивной подпорной стенки, способной воспринимать давление грунта. При наличии на месте строительства естественных каменных материалов, пригодных для возведения искусственных сооружений, галереи могут быть возведены каменными. Каменные галереи делают арочной конструкции со сводом, опирающимся на массивные внутреннюю и наружную стенки (см. рисунок 2.47, *в*). Для предохранения несущих конструк-



ций галереи от проникания в них влаги верхнюю поверхность перекрытия и обращенную к горному склону поверхность внутренней стенки покрывают гидроизоляцией.

Защитные галереи рассчитывают на давление снега или горной породы, могущих задержаться на ней, на удар падающих масс, а также на усилие, передаваемое при сползании обрушившихся масс по защитной засыпке.

При сооружении дороги на крутом косогоре взамен высокой насыпи или глубокой выемки часто устраивают балкон или полумост (рисунок 2.48).

**Балкон** представляет собой заделанную в горном склоне консольную конструкцию, на которой частично или полностью располагается дорожная одежда (рисунок 2.48, *а*). Балконы приходится устраивать при крутых косогорах, когда возведение полумоста невозможно или экономически нецелесообразно. Применение

балконов требует прочных и устойчивых скальных пород. В настоящее время балконы делают преимущественно сборной железобетонной конструкции. Для обеспечения устойчивости балкон может потребовать пригрузки, которую лучше всего делать из тощего бетона (с пониженным содержанием вяжущего цемента и повышенным содержанием крупного заполнителя, что придает ему относительно невысокую прочность, но зато он достаточно просто и быстро приготавливается).

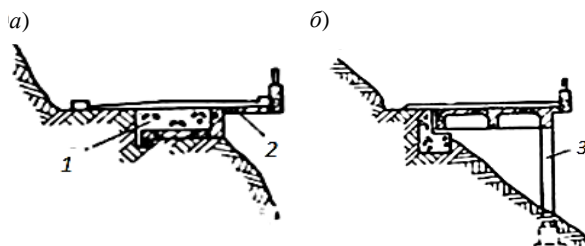


Рисунок 2.48 – Балкон и полумост на горных дорогах [52]:

*а* – балкон; *б* – полумост;  
1 – пригруз из тощего бетона;  
2 – блок сборной конструкции;  
3 – опора полумоста

**Полумост** представляет собой сооружение, поддерживающее дорожную одежду или часть ее ширины на косогоре (рисунок 2.48, *б*). Полумосты устраивают из железобетона, бетона или каменной кладки (при наличии местного камня) *арочной*, *балочной* или *рамной* конструкции.

**Малый мост** представляет собой мост длиной до 25 м. Как правило, малые мосты проектируют со свайными опорами, плитными или балочными пролетными строениями для пропуска расчетного расхода более 20 м<sup>3</sup>/с воды (рисунок 2.49).

Основными параметрами малого моста являются: отверстие моста, высота, теоретическая длина, фактическая длина и др.

В зависимости от формы подмостового сечения малые мосты подразделяются на два типа – с прямоугольным (рисунок 2.50, *а, б*) и трапециевидальным (рисунок 2.50, *в*) сечениями.



Рисунок 2.49 – Малый мост

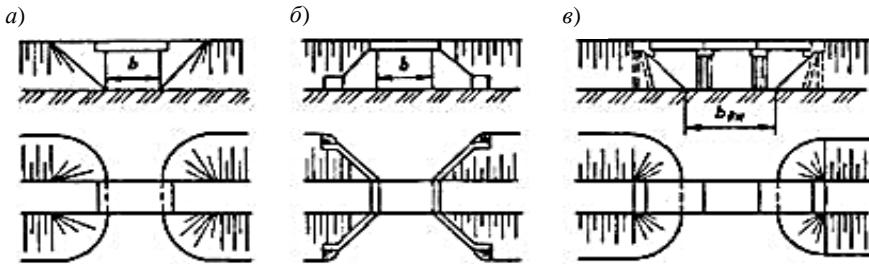


Рисунок 2.50 – Типы малых мостов:

*а* – с массивными устоями; *б* – с откосными крыльями; *в* – эстакадный с конусами

Проложение автомобильных дорог зачастую связано с пересечением пониженных участков местности, по которым проходит поверхностная вода.

**Водопрпускные трубы** В таких случаях, особенно при небольших высотах устраиваемой насыпи, проектируют **водопрпускные трубы**, обеспечивающие пропуск поверхностных вод (рисунок 2.51).



Рисунок 2.51 – Водопрпускная труба

На периодически действующих водотоках в беспаводочный период труба может использоваться для прогона на ней скота или движения транспортных средств. Особенностью данного типа искусственных сооружений является наличие над ними насыпи, обеспечивая тем самым непрерывность конструкции дорожной одежды и ровность проезжей части.

Таким образом, водопропускная труба – это инженерное сооружение, укладываемое в теле насыпи автомобильной дороги для пропуска ливневых и талых вод, а также небольших постоянно действующих водотоков с расходом воды до 100 м<sup>3</sup>/с. Они классифицируются:

– по материалу, из которого выполнено тело трубы: железобетонные, металлические, каменные, бетонные;

– форме поперечного сечения: круглые, прямоугольные, овальные, сводчатые (рисунок 2.52);

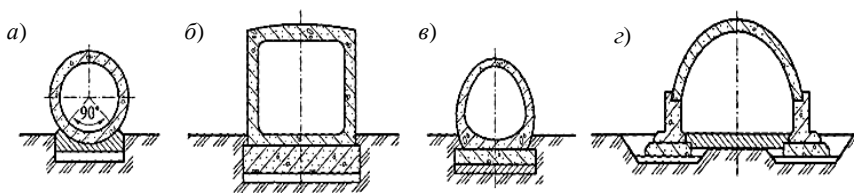


Рисунок 2.52 – Типы поперечных сечений труб [52]:

а – круглая; б – прямоугольная; в – овальная; г – сводчатая

– числу параллельно поставленных труб на пересечении водотока: одно-, двух-, трехчковые;

– длине звеньев: короткомерные (длина звена 1,0 м) и длинномерные (5,0 м);

– режиму работы поперечного сечения: безнапорные (заполняемые водой до 2/3 сечения по высоте и работающие неполным сечением), полунанпорные (работающие вблизи входа полным сечением, а на остальном протяжении – неполным), напорные (заполняемые водой по всей длине).

Основным параметром трубы является размер отверстия: круглой трубы – внутренний диаметр; прямоугольной – расстояние между боковыми стенками. Размер отверстия зависит от расчетного расхода поверхностной воды.

Водопропускная труба как сооружение состоит из тела трубы, двух оголовков – входного и выходного, укрепления русла трубы на выходе и на входе, откосов насыпи у трубы (рисунок 2.53). Тело водопропускной трубы состоит из звеньев, укладываемых на фундамент, который в свою очередь может быть монолитным или сборным из блоков. Звенья длинномерных труб укладываются на песчано-гравийную подушку. Выбор типа фундамента определяется типом грунта, высотой насыпи и другими параметрами. Длина тела трубы зависит от земляного полотна, заложения откосов, высоты насыпи. Оголовок предназначен для обеспечения плавного входа и выхода водного потока, поддержания откосов насыпи, предохранения входного и выходного отверстий трубы от засыпания грунтом и размыва водой (рисунок 2.54). Оголовок включает порталную стенку и откосные крылья, при этом между последними устраивается лоток из бетона.

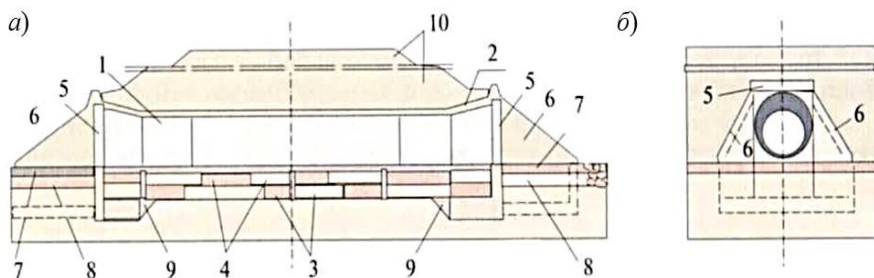
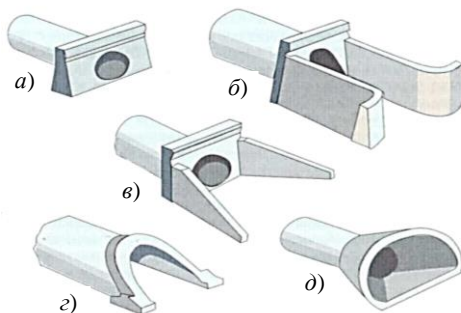


Рисунок 2.53 – Элементы водопропускной трубы [55]:

- a* – продольное сечение трубы; *б* – поперечное сечение трубы; 1 – цилиндрические звенья; 2 – конические звенья; 3 – подготовка; 4 – блоки фундамента; 5 – порталные стенки; 6 – откосные крылья; 7 – бетонный лоток (монолитный); 8 – гравийно-песчаная подушка; 9 – щебеночная подготовка, залитая цементным раствором; 10 – насыпь

Рисунок 2.54 – Наиболее распространенные типы оголовков водопропускных труб [55]:  
*a* – порталный; *б* – коридорный;  
*в* – раструбный; *г* – воротниковый;  
*д* – обтекаемый



Укрепление русла и откосов насыпи у водопропускной трубы необходимо для предотвращения размыва русла и подмыва трубы. Укрепление выполняют бетонными плитами, монолитным бетоном, наброской камня, сборными бетонными плитами и другими способами.

На автомобильных дорогах Республики Беларусь последнее время проектируют железобетонные круглые длинномерные водопропускные трубы, работающие в безнапорном режиме.

## 2.3 Основы проектирования искусственных сооружений

### 2.3.1 Выбор месторасположения мостового перехода через судоходные реки

Выбор места перехода, положение сооружения в плане и профиле, разбивку мостов на пролеты следует производить с учетом условий трассиро-

вания дороги, наличия (отсутствия) опасных геологических процессов, русловых, гидрогеологических, экологических, ландшафтных и других местных условий, влияющих на технико-экономические и эксплуатационные показатели соответствующего участка дороги. При выборе места мостового перехода через судоходные реки руководствуются следующими основными требованиями [21, 55]:

- русло реки должно быть устойчивым, позволяющим удерживать судовую ход без перемещений его по ширине реки и не допускающим изменения глубин, влияющих на судоходство;

- мост располагается перпендикулярно течению воды (с косиной не более  $10^\circ$ ) на прямолинейном участке с устойчивым руслом;

- середину судоходных пролетов совмещают с осью соответствующего судового хода, учитывая возможные русловые переформирования и его смещения за расчетный период службы моста;

- обеспечивается взаимопараллельность оси судового хода, направления течения воды и плоскостей опор, обращенных в сторону судоходных пролетов;

- отклонение от параллельности судового хода и направления течения реки принимается не более  $10^\circ$ ;

- не допускается увеличения скорости течения воды в русле при расчетном судоходном уровне, вызванным строительством мостового перехода, свыше 20 % при скорости течения воды в естественных условиях до 2 м/с и 10 % – при скорости свыше 2,4 м/с (при скорости течения воды в естественных условиях от 2 до 2,4 м/с процент допускаемого увеличения средней скорости следует определять с помощью интерполяции);

- поперечное сечение опор моста в пределах затопления до отметки расчетного судоходного уровня воды, как правило, предусматривать обтекаемым и др.

### **2.3.2 Общие требования, предъявляемые к нормам проектирования мостов и труб**

При проектировании мостов и труб должны быть обеспечены следующие транспортно-эксплуатационные характеристики (потребительские свойства): функциональные; обеспечивающие живучесть; эксплуатационные; социально-экономические.

<b>Транспортно-эксплуатационные характеристики мостов и труб</b>	
--	--

К *функциональным* характеристикам относятся пропускная способность, грузоподъемность, безопасность и комфортность движения, долговечность и безотказность.

Характеристики, *обеспечивающие живучесть*, включают сопротивляемость воздействию водных потоков, ветровых нагрузок ледоходов и других природных явлений, огнестойкость, живучесть при повреждениях.

*Эксплуатационные* характеристики охватывают доступность для ремонта и содержания, ремонтпригодность.

К *социально-экономическим* характеристикам относятся экономичность и планировочная целесообразность, экологичность, архитектурная и цветовая выразительность.

Проектный срок службы мостов – 100, труб – 50, деревянных мостов – 25 лет. Проектный срок службы отдельных элементов мостовых сооружений

**Проектный срок службы** при выполнении нормативных условий содержания и ремонтов приведен в таблице 2.1.

Таблица 2.1 – Проектный срок службы элементов мостовых сооружений [21]

Элементы мостов	Проектный срок службы, лет, не менее
Конструкции пролетных строений с пролетами более 33 м, опоры (кроме деревянных)	100
Конструкции пролетных строений с пролетами до 33 м включ.	75
Деревянные конструкции пролетных строений, опор	25
Покрытие проезжей части мостов на автомобильных дорогах: республиканских	7
местных	10
Гидроизоляция проезжей части мостов	15
Система водоотвода и дренажа	20
Ограждающие устройства	20
Резиновые опорные части	25
Полиуретановые опорные части	100
Эксплуатационные обустройства	50
Деревянные элементы мостового полотна	5

Сооружение должно быть запроектировано таким образом, чтобы при условии выполнения работ по содержанию сооружения его конструктивные элементы имели надежность не ниже нормированной в течение всего проектного срока службы. Для мостовых сооружений в зависимости от экономических, социальных и экологических последствий от их отказов устанавливаются три уровня ответственности, которые учитываются коэффициентом надежности по ответственности. Значения коэффициента следует принимать по таблице 2.2.

Сооружение должно быть запроектировано с гарантированной минимальной возможностью разрушения и последствий от возможных ДТП, террористических актов, других непредвиденных разрушающих воздействий.

Таблица 2.2 – Значения коэффициента надежности мостовых сооружений в зависимости от уровня ответственности [21]

Уровень ответственности	Характеристика сооружений	Коэффициент надежности по ответственности
I (повышенный)	Мосты высокой экономической и социальной значимости: служат безальтернативным путем сообщения большие и средние с пролетами 40 м и более на железных дорогах	1,05
II (нормальный)	Все мосты, которые не отнесены к I и III уровням	1,00
III (пониженный)	Временные мосты	0,90

При проектировании и строительстве предотвращение разрушения сооружения или ограничение последствий непредвиденных воздействий должно обеспечиваться следующими условиями:

- применением конструктивных схем и конструкций, которые позволяют уменьшить потенциальный риск повреждения или уничтожения конструктивных элементов сооружения;
- статическая схема сооружений должна минимально реагировать на непредвиденные воздействия (например, просадки грунта и т. п.);
- конструкции сооружений должны быть долговечными, ремонтнопригодными и доступными для осмотра и выполнения работ по текущему ремонту и содержанию.

Конструкции мостовых сооружений следует рассчитывать по методу предельных состояний и подразделяются на две группы, харак-

**Предельные** теризуемые:

- состояния** – первая группа – невозможностью эксплуатации конструкций сооружения или утратой несущей способности сооружения в целом;
- вторая группа – усложнением (препятствием) для нормальной эксплуатации сооружения, уменьшением проектной долговечности.

Предельное состояние первой группы, или аварийное разрушение подразумевает потерю: несущей способности грунтов основания; прочности; устойчивости формы и положения (опрокидывание, скольжение и т. п.); выносливости.

Предельное состояние второй группы – усложнение или невозможность нормальной эксплуатации при наличии: чрезмерных деформаций; образования трещин или достижения трещинами предельно допустимой ширины раскрытия; недопустимых колебаний конструкций при воздействии временных нагрузок; других явлений, при которых возникает необходимость временного ограничения нормальной эксплуатации сооружения

(например, разрушение элементов мостового полотна, появление усталостных трещин и т. д.).

**Выбор места перехода, разбивку мостов на пролеты, назначение положения сооружения в плане и профиле производится с учетом требований трассирования дороги, строительных и эксплуатационных показателей вариантов, а также русловых, геологических, гидрологических, экологических, ландшафтных и других местных условий, влияющих на технико-экономические показатели соответствующего участка дороги.**

Число и размеры водопропускных сооружений на пересечении водотока определяют на основе гидравлических расчетов. При этом учитывают влияние сооружения на окружающую природную среду. Пропуск вод нескольких водотоков через одно сооружение должен быть обоснован, а при наличии лессовых грунтов и возможности образования наледи – не допускается.

Малые и средние автодорожные мосты, а также трубы обычно располагают на участках дороги с любым профилем и планом, принятыми для проектируемой дороги. Продольный уклон ездового полотна автодорожных мостов рекомендуется принимать не более 20 %, а продольный уклон ездового полотна больших мостов должен быть не более 30 % для автодорожных мостов и 20 % для мостов с деревянным настилом.

Толщину засыпки над звеньями или плитами перекрытия труб (включая пешеходные тоннели), а также над сводами мостов следует принимать не менее указанной в таблице 2.3.

**Основные размеры пролетных строений и опор новых мостов, а также труб назначают с соблюдением принципов модульности и унификации в строительстве. При этом расчетные пролеты или полную длину пролетных строений автодорожных мостов на прямых участках дорог устраивают равными 3; 6; 9; 12; 15; 18; 21; 24; 33 и 42 м, а при больших размерах пролетов – кратными 21 м.**

Отступление от указанных размеров допускается (при технико-экономическом обосновании) при проектировании: мостов, возводимых вблизи существующих; ремонтов и реконструкции сооружений с сохранением опор; многопролетных путепроводов через железнодорожные станционные пути; деревянных мостов пролетами менее 9 м, а также отдельных пролетов мостов сложных систем.

Конструкция *деформационных* устройств (опорных частей, шарниров, деформационных швов и др.) и их расположение должны обеспечивать необходимую свободу для предусматриваемых взаимных перемещений (линейных, угловых) отдельных частей (элементов) сооружения.



На мостовых переходах, при необходимости регулирования направления водного потока и предотвращения подмывов (размывов), предусматриваются струенаправляющие и берегоукрепительные сооружения. Для труб и малых мостов на основании гидравлических расчетов предусматривается углубление, планировка и укрепление русел, а также проектирование устройств, препятствующих накоплению наносов и устройств, способствующих гашению скорости протекающей воды на выходе и входе. Размер отверстия (и высота в свету) труб определяется, как правило, не менее:

- 1,00 м – при длине трубы до 20 м включ.;
- 1,25 – при длине трубы св. 20 до 30 м включ.;
- 0,50 – на дорогах III категории и ниже на съездах при устройстве в пределах трубы быстротока (уклон 10 ‰ и более) и ограждений на входе.

Таблица 2.3 – Толщина засыпки над звеньями или перекрытиями труб, а также над сводами мостов [21]

Тип дорог	Толщина засыпки* над, м		
	железобетонными трубами	металлическими гофрированными трубами	сводами мостов
Железные: общей сети и подъездные пути предприятий внутренние пути предприятий	1,0 0,4	1,2 1,0	0,7 0,7
Автомобильные дороги общего пользования, а также автомобильные дороги промышленных предприятий	0,5	0,5**	0,2
Автомобильные дороги необщего пользования	0,2***	–	–
* Считая от верха звена (плиты перекрытия) трубы или от верхней точки свода до низа монолитных слоев дорожной одежды – на автомобильных дорогах. ** Но не менее 0,8 м от верха звена трубы до поверхности дорожного покрытия. *** Но не менее 0,5 м до уровня бровки земляного полотна.			
<i>Примечание</i> – Толщину засыпки над железобетонными трубами и пешеходными тоннелями, расположенными в пределах железнодорожных станций, допускается принимать менее 1,0 м.			

Следует учитывать, что на дорогах необщего пользования при длине трубы 10 м и менее отверстие труб принимается равным 0,5 м. В некоторых случаях отверстие труб и малых мостов увеличивают для использования их в качестве пешеходных переходов, скотопрогонов, а в случае технико-экономической целесообразности – для пропуска автомобильного транспорта (низких, узкозахватных сельскохозяйственных машин) с обеспечением соответствующих габаритов.

Водопропускные трубы на расчетный расход, как правило, следует проектировать на безнапорный режим работы. Полунапорный и напорный режимы работы допускаются при технико-экономическом обосновании. При этом под оголовками и звеньями проектируют фундаменты, а при необходимости, и противотрационные экраны. Кроме того, при напорном режиме следует предусматривать специальные входные оголовки (см. рисунок 2.54) и обеспечивать водонепроницаемость швов между торцами звеньев и секциями фундаментов, надежное укрепление русла, устойчивость насыпи против напора и фильтрации. Не допускается применять трубы при наличии ледохода и карчехода, а также, как правило, в местах возможного образования наледей.

В проектной документации предусматриваются мероприятия по необходимой защите элементов и частей мостов и труб от повреждений при отсыпке насыпи и укреплении откосов, от засорения и загрязнения, вредных воздействий агрессивных сред, высоких температур, блуждающих токов и т. д.

При проектировании и строительстве новых мостов вблизи существующих, как правило, необходимо придерживаться следующих правил:

– длина пролетных строений нового моста должна соответствовать по длине пролетным строениям существующего или быть равной двум или нескольким пролетам;

– новые опоры должны быть соосны существующим и параллельны судовому ходу на судоходных реках.

Габариты<sup>1)</sup> приближения конструкций мостов – это предельные поперечные очертания (в плоскости, перпендикулярной к продольной оси проезжей части), внутрь которых не должны заходить **Габариты приближения конструкций мостовых сооружений** какие-либо элементы сооружения или расположенных на нем устройств.

Схемы габаритов приближения конструкций автодорожных мостов при отсутствии трамвайного движения приведены на рисунке 2.55, при этом левая половина каждой схемы относится к случаю примыкания тротуаров к ограждениям, правая – к случаю отдельного размещения тротуаров.

Габариты по ширине автодорожных мостов на дорогах общего пользования, число полос движения, ширину проезжей части и полос безопасности, ширину разделительных полос следует принимать согласно таблице 2.4.

---

<sup>1)</sup> *Габариты* условно обозначают буквой Г и числом (после дефиса), равным расстоянию по ширине ездого полотна между внутренними гранями барьерных (парапетных) ограждений.

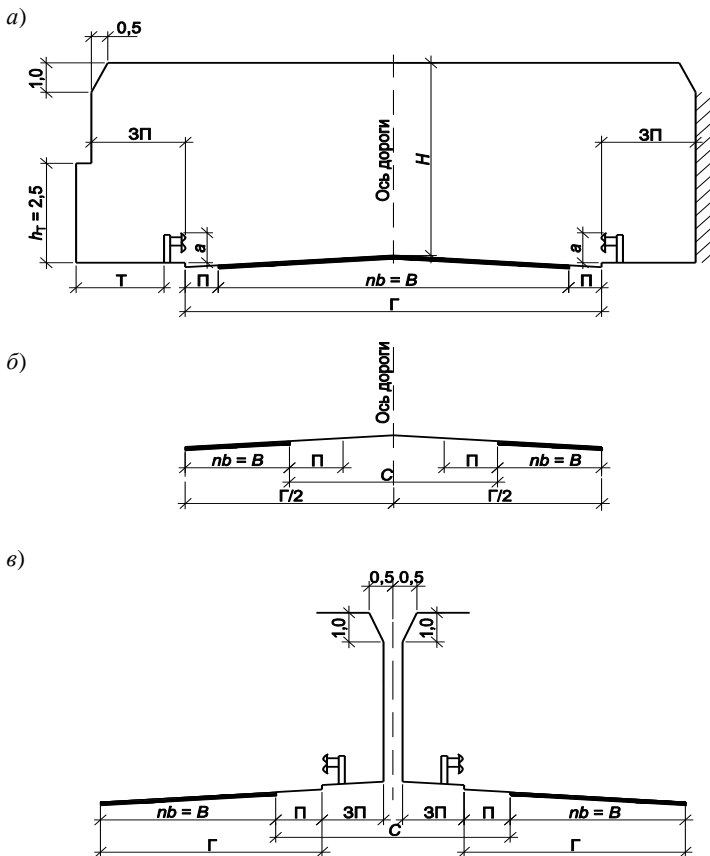


Рисунок 2.55 – Схемы габаритов приближения конструкций автодорожных мостов [21]:  
 а – при отсутствии разделительной полосы; б – с разделительной полосой без ограждений;  
 в – с разделительной полосой при наличии ограждений; В – общая ширина проезжей части  
 или ширина проезжей части для движения одного направления, м;  $n$  – число полос движения,  
 $b$  – ширина каждой полосы движения, м, принимаемая согласно нормативам [17] для разных  
 категорий дорог;  $H$  – габарит по высоте (расстояние от поверхности проезда до низа  
 пролетного строения над проездом); П – полосы безопасности (предохранительные полосы);  
 С – разделительные полосы (при многополосном движении в каждом направлении), ширина  
 которых равна расстоянию между кромками проезжих частей разного направления движения;  
 ЗП – защитные полосы, ширину которых, как правило, следует принимать равной 0,5 м,  
 для деревянных мостов с ездой понизу – 0,25 м; Г – расстояние между ограждениями  
 проезда, в которое входит и ширина разделительной полосы, не имеющей ограждений;  
 Т – ширина тротуаров (согласно кодексу [21]);  $a$  – высота ограждений проездов  
 в соответствии с [21];  $h_t$  – габарит по высоте на тротуарах, принимаемый не менее 2,5 м

Габарит по ширине и составляющие поперечного профиля для мостов на дорогах необщего пользования должны приниматься в соответствии с заданием на проектирование. Для мостов на дорогах промышленных предприятий ширину полосы безопасности  $\Pi$  следует принимать 1,5 м. Габарит деревянных мостов  $L$  на автомобильных дорогах необщего пользования допускается принимать 6 м.

Таблица 2.4 – Габариты мостовых сооружений по ширине [17]

В метрах

Категория дороги	Число полос движения	Габарит мостовых сооружений $\Gamma$	Ширина	
			правой полосы безопасности ( $\Pi$ )	проезжей части ( $B$ )
I-а	6	$13,75 + C + 13,75$	2,5	$2 \times 11,25$
I-а	4	$10 + C + 10$	2,5	$2 \times 7,5$
I-б, I-в	6	$12,5 + C + 12,5$	2,0	$2 \times 10,5$
I-б, I-в	4	$9 + C + 9$	2,0	$2 \times 7,0$
II	2	11	2,0	7,0
III	2	10	1,5	7,0
IV	2	8	1,0	6,0
V	2	6,5	0,5	5,5

*Примечания*

1 Для автомобильных дорог I-а, I-б, I-в категорий указаны габариты по ширине при отсутствии ограждений на разделительной полосе. При наличии ограждений или при отдельных пролетных строениях под каждое направление движения габариты каждого сооружения следует устанавливать по формуле

$$\Gamma = \Pi + B + L,$$

где  $B$  – ширина проезжей части, м;  $\Pi$ ,  $L$  – ширина правой и левой по ходу движения полос безопасности, м. Значения  $B$  и  $\Pi$  приведены в таблице, значение  $L$  следует принимать в соответствии с участком дороги на подходах к сооружению, но не более 2 м.

2 Ширину разделительной полосы  $C$ , м, следует принимать равной ширине разделительной полосы на подходах.

На мостовых сооружениях длиной св. 100 м при соответствующем обосновании ширину разделительной полосы допускается уменьшать, но принимать не менее чем 2 м плюс ширина ограждения.

3 Полосы безопасности меньшей ширины при соответствующем обосновании допускаются принимать для мостовых сооружений длиной св. 100 м на автомобильных дорогах I-а, I-б, I-в, II и III категорий и длиной св. 50 м – на дорогах IV категории при условиях:

– мосты расположены на расстоянии более 100 км от г. Минска и более 50 км – от других городов, а расчетная интенсивность движения транспортных средств снижается в 2 раза и более по сравнению с пригородными участками;

– в случаях расположения мостов и путепроводов на участках дорог с уменьшенной шириной обочины;

– при реконструкции;

– при наличии дополнительной полосы для подъема, переходно-скоростной полосы (со стороны этих полос).

В каждом из перечисленных случаев ширина полосы безопасности должна быть не менее 1 м на автомобильных дорогах I-а, I-б, I-в, II и III категорий и 0,75 м – на дорогах IV категории.

На совмещенных мостах, при расположении двухполосной проезжей части автомобильной дороги по одной полосе с каждой стороны железнодорожных путей или путей метрополитена габарит по ширине на каждой полосе движения составляет не менее 5,5 м.

Габариты приближения конструкций под путепроводами на автомобильных дорогах общего пользования  $H$  следует назначать, руководствуясь формулой

$$H = h + 0,2 + \Delta, \quad (2.1)$$

где  $h$  – высота ( $h = 5$ ) – для мостов на автомобильных дорогах общего пользования, м; 0,2 – запас на возможное наращивание толщины покрытия при ремонтах, м;  $\Delta$  – расчетный прогиб конструкций пролетного строения путепровода, м.

Стенки (устои) путепроводов тоннельного типа следует располагать на границах габаритов приближения конструкций под путепроводами согласно рисунку 2.56.

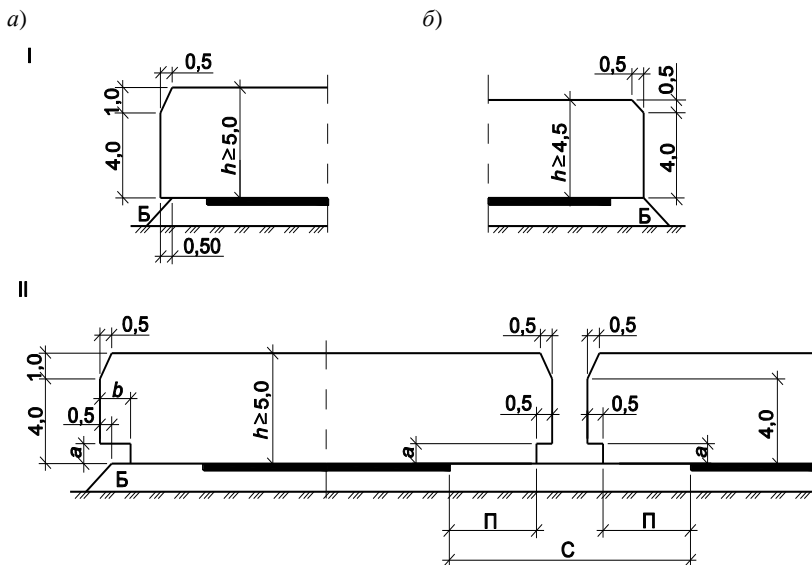


Рисунок 2.56 – Схемы габаритов приближения конструкций под путепроводами [21]:  
 а – для дорог категорий I-а, I-б, I-в, II, III; б – для дорог категорий IV, V;  
 I – при отсутствии ограждений на пересекаемых дорогах;  
 II – при наличии опор на разделительной полосе и ограждений на дороге

Параметры и конструкция мостового полотна должны соответствовать требованиям, установленным в документах [17, 18] для данной категории автомобильной дороги, а именно иметь требуемую прочность, обеспечивать комфортное и безопасное движение транспорта и пешеходов, надежно защищать нижележащие несущие конструкции от неблагоприятных воздействий в течение проектного срока службы, удовлетворять требованиям ремонтпригодности и обеспечивать возможность устройства, содержания и ремонта при помощи современных механизированных средств.

На мостах, предназначенных для совмещенного движения рельсового транспорта и автомобилей, пути метрополитена и скоростного трамвая обособлены и отгорожены от проезда автотранспорта.

Опоры контактной сети и освещения следует располагать, как правило, в створе перил – при ширине тротуаров 2,25 м и менее или в междупутье трамвайных путей – при расположении их на обособленном полотне.

Конструкция дорожной одежды на железобетонной плите пролетных строений мостов может предусматриваться с изоляцией или без нее, но в любом случае должно быть исключено попадание воды на нижележащие конструкции. Конструкция одежды ездового полотна с гидроизоляцией, как правило, должна включать покрытие, защитный слой, гидроизоляцию и выравнивающий слой.

На всех мостах на автомобильных дорогах I-а, I-б, I-в и II категорий при продольных уклонах мостового полотна, превышающих 30 %, а также на мостах, расположенных на кривых в плане, устраивают покрытие и защитные слои ездового полотна, обеспечивающие коэффициент сцепления колеса с покрытием не ниже 0,6. Покрытие тротуаров следует устраивать тонкослойным с применением литого асфальта или эпоксидно-полиуретановых композиций с посыпкой кварцевым песком. Устройство покрытий тротуаров из песчаного асфальтобетона допускается только на мостах на дорогах низших категорий. Гидроизоляция мостового полотна предусматривается рулонной, наливной или напыляемой, а водонепроницаемость гидроизоляции должна быть обеспечена в течение проектного срока службы гидроизоляции.

Тротуары на дорогах категорий I-а и I-б должны быть отделены от проезжей части дорожными ограждениями первой группы согласно стандарту [10] – металлическими барьерными или парапетными. Применение тросовых ограждений на мостах не допускается. Высота ограждений должна быть не менее 75 см. На деревянных мостах ограждающие устройства выполняются высотой 0,25 м. За высоту ограждения принято расстояние от поверхности покрытия мостового полотна до верхней грани ограждения. Высота ограждений на мостах на дорогах промышленных предприятий должна составлять не менее 0,5 диаметра колеса расчетного

автомобиля (но не менее 0,75 м). При отсутствии на мосту тротуаров и служебных проходов ограждения первой группы должны быть установлены не ближе 0,5 м от края плиты пролетного строения и при этом могут быть совмещены с перильными ограждениями, устройство которых предусматривается во всех случаях. Парапетные ограждения устраивают на краях плиты проезжей части.

На разделительной полосе предусматривается устройство ограждений в случае, если [10]: ограждения имеются на разделительной полосе подходов; на разделительной полосе расположены элементы конструкций моста, опоры контактной сети и освещения и т. п. Ограждения на подходах к мостам следует устраивать в соответствии со стандартом [10]. Отгон в плане ограждений, устанавливаемых на мосту, не должен препятствовать движению пешеходов с обочин на тротуары моста. Перильные ограждения (пешеходные) должны быть высотой не менее 1,1 м. При устройстве на мостах велосипедных дорожек высота перил должна быть не менее 1,3 м. Максимальный размер в свету между вертикальными элементами перил – не более 15 см, при отсутствии пешеходного движения – 25 см.

Конструкции деформационных швов не должны нарушать плавности движения транспортных средств и должны исключать попадание воды и грязи на опорные площадки и нижерасположенные части моста. При применении водопроницаемых швов следует предусматривать:

- возможность осмотра и ремонта конструкций швов сверху;
- отвод воды, проникающей через шов, с помощью лотков, имеющих уклон не менее 5 %;
- удобный осмотр и очистку лотков от грязи.

Цементобетонные покрытия над деформационным швом следует прерывать во всех случаях. Асфальтобетонные покрытия допускается устраивать непрерывными на дорогах I-а, I-б, I-в, II и III категорий при перемещениях в шве не более 5 мм, на дорогах более низких категорий – до 10 мм.

Конструкции деформационных швов должны быть надежно закреплены в пролетных строениях. Перекрывающие элементы, скользящие листы или плиты следует прижимать к окаймлению с помощью пружин или другими способами, исключающими их неплотное прилегание.

При проектировании и устройстве мостового полотна предусматривается минимально возможное количество деформационных швов за счет объединения пролетных строений в неразрезные и температурно-неразрезные системы и устройства непрерывной проезжей части. Остальные положения по применению деформационных швов представлены в нормативах [21].

С учетом особенностей климатических условий, когда температура воздуха становится ниже  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ , постоянно возникает необходимость **отвода воды с поверхностей проезжей части моста**. Ездое полотно и другие поверхности конструкции, на которые может попадать вода, следует проектировать с поперечным уклоном не менее 20 %. Воду с ездоего полотна необходимо отводить через водоотводные трубки или через поперечные или продольные лотки. При наличии в конструкции мостового полотна гидроизоляции установка водоотводных трубок является обязательной. Это требование не распространяется на мосты длиной до 50 м, где отвод поверхностных стоков устроен, как правило, только за счет продольного уклона моста при условии наличия дренажа. Неорганизованный сброс воды через тротуары (по всей длине пролетного строения) в конструкции моста не допускается.

Верх водоотводных трубок и дно лотков следует устраивать ниже поверхности, с которой отводится вода, не менее чем на 1 см. Это делается для того, чтобы вода из водоотводных устройств не могла попасть на нижележащие конструкции, а также на железнодорожные пути, проезжую часть и тротуары автомобильных дорог, расположенных под путепроводами.

В ландшафтно-рекреационных зонах прямые стоки воды с мостов в открытые водотоки не допускаются. В этих случаях предусмотрены *устройства по отводу стоков воды в канализационные сооружения или ливневую канализацию*. Стоки из водоотводных трубок тогда попадают в *сборные каналы*, проходящие вдоль оси моста. Сборные каналы выполняются, как правило, из труб с внутренним диаметром не менее 200 мм. Стыки труб сборного канала делают герметичными.

Сборные каналы имеют продольный уклон не менее 30 %. В зонах деформационных швов в каналах предусматриваются эластичные соединения (допускается применение сборных желобов, обеспечивающих достаточный пропуск стоков). Стоки из сборных каналов отводят через вертикальные (наклонные) трубы, которые не следует размещать внутри конструкций опор. Трубы каналов изготавливаются из коррозионностойких материалов или имеют антикоррозионную защиту. Каналы крепятся к конструкциям моста при помощи кронштейнов.

Водоотводные трубки, не соединенные со сборными каналами, располагают на расстоянии не менее 1,5 м от опор моста. В местах сброса воды с пролетного строения на конус насыпи на нем вдоль моста, как правило, устраиваются водоотводные лотки. Для отвода воды из-за устоев предусмотрено устройство надежно действующей дренажной системы.

При расположении моста на вогнутой в профиле кривой обеспечиваются перехват и отвод стоков воды с подходов, что исключает их попадание на мостовое полотно. При этом следует предусматривать предотвращение эрозии пойм и размыва укрепления конусов и насыпи подходов.



Водоотводные трубки следует, как правило, размещать в пределах полосы безопасности или в зоне тротуаров. Расстояние между водоотводными трубками вдоль оси моста должно быть при продольном уклоне проезжей части: до 3 ‰ включ. – от 3 до 8; св. 3 до 5 ‰ включ. – от 8 до 10; св. 5 до 10 ‰ включ. – от 10 до 15; св. 10 до 20 ‰ включ. – от 15 до 20; св. 20 ‰ – от 20 до 25 м.

При устройстве на мостовом полотне полых конструкций, в которых может накапливаться вода (например, стальных мачт освещения, каналов для прокладки коммуникаций и т. п.), предусматривается отвод ее через лотки или дренажные трубки. Устройство дренажа предусматривается в пониженных местах, где возможно накопление фильтрационной воды на гидроизоляции. Вода из дренажных трубок не должна попадать на железнодорожные пути, проезжую часть и тротуары автомобильных дорог, расположенных под мостом. При наличии на мосту сборных водоотводных каналов дренажные трубки вводят в них. Шаг дренажных трубок назначается, как правило, не более 3 м. Допускается увеличивать шаг дренажных трубок до 5 м с целью предотвращения попадания воды на железнодорожные пути и проезжую часть автомобильных дорог, расположенных под мостом. У деформационных швов устанавливают две дренажные трубки при двустороннем поперечном уклоне и одну дренажную трубку – при одностороннем поперечном уклоне.

**Все** пролетные строения, видимые поверхности опор и трубы должны быть доступны для осмотра и ухода. Для этого при длине пролетов 42 м и **Эксплуатационные** более устраивают проходы, люки, лестницы, перильные **устройства** ограждения (высотой не менее 1,1 м), специальные смотровые приспособления и т. п.

У каждого конца мостового сооружения или трубы при высоте насыпи более 2 м следует, как правило, устраивать по откосам постоянные служебные лестничные сходы шириной 0,75 м, по одному на каждом подходе.

Все металлические конструкции мостовых сооружений, если они расположены на расстоянии менее 5 м от контактной сети на постоянном токе, и менее 10 м – от контактной сети на переменном токе, должны быть заземлены. Также должны быть заземлены бетонные и железобетонные конструкции, поддерживающие контактную сеть.

При проектировании путепроводов через пути электрифицированных железных дорог над контактной сетью предусматривают устройство ограждающих и предохранительных вертикальных щитов (сеток) высотой 2,0 м. Допускается применение с каждой стороны моста горизонтальных щитов (сеток) длиной не менее 1,5 м.

На всех мостах не допускается прокладка нефтепроводов, нефтепродуктопроводов и, как правило, линий высоковольтных электропередач (напряжением свыше 1000 В).

При специальном технико-экономическом обосновании на автодорожных мостах возможна прокладка в стальных трубах тепловых сетей, водопроводных линий, напорной канализации и газопроводов с рабочим давлением не выше 0,6 МПа.

Во всех случаях должны быть предусмотрены меры по обеспечению сохранности моста, а также непрерывности и безопасности движения по нему в случае прорывов и повреждений трубопроводов и кабелей.

Мосты должны иметь приспособления для пропуска линий связи, предусмотренных на данной дороге, и других коммуникаций, разрешенных для данного сооружения. Для прокладки труб и кабелей проектируют специальные конструктивные элементы, которые не препятствуют выполнению работ по текущему ремонту и содержанию моста.

На больших мостах должно быть освещение в темное время суток в соответствии с нормативами [16]. Освещение под мостами необходимо при интенсивности автомобильного движения под ними 5000 ед./сут.

Расположенные на мостах световые устройства не должны создавать помех для ориентирования судов и ухудшать видимость судоходных сигнальных огней. Опоры судоходных пролетов следует освещать специальными светильниками или прожекторами, не снижающими видимости сигнальных огней.

Специальные устройства для охраны мостов и требуемые для этого помещения сооружают согласно техническому заданию на проектирование.

**Содержание мостов** должно обеспечивать их безотказную эксплуатацию в течение проектного срока службы. При длине пролетов 42 м и более на автодорожных мостах при приемке в эксплуатацию разрабатывают проекты содержания моста. По поручению заказчика эту работу могут выполнять организации, имеющие лицензию на обследование мостов. По указанию проектной организации проекты содержания могут разрабатываться для мостов с экспериментальными или впервые применяемыми техническими решениями пролетных строений независимо от длины пролета.

**Проект содержания моста должен содержать следующие разделы:**

- общие сведения (местоположение, основные конструктивные элементы с указанием примененных типовых или индивидуальных решений, материалов и т. п.);
- система обозначения элементов при содержании;
- периодичность номенклатурных осмотров, цель осмотров;
- порядок осмотров конструктивных элементов сооружения;
- перечень дефектов, которые могут проявляться при эксплуатации сооружения, и рекомендации по их устранению;
- указания по зимнему содержанию сооружения;

- указания по содержанию мостового полотна;
- указания по содержанию знаков судовой сигнализации;
- назначение сроков проведения специальных осмотров (обследований).

#### **2.4 Классификация нагрузок и воздействий, действующих на конструкции мостов и труб**

В процессе эксплуатации мосты и трубы подвергаются постоянным и временным **нагрузкам** и **воздействиям**, причем последние подразделяются в свою очередь на нагрузки от подвижного состава и пешеходов и прочие нагрузки [21].

К постоянным относятся следующие нагрузки: 1) собственный вес конструкции; 2) воздействие предварительного напряжения; 3) давление грунта от веса насыпи; 4) гидростатическое давление; 5) воздействие усадки и ползучести бетона; 6) воздействие осадки грунта.

*Нагрузка от собственного веса* определяется с учетом объема элементов и частей конструкции, включая постоянные смотровые приспособления и инженерные коммуникации. Постоянная нагрузка на пролетное строение складывается из двух частей:

- собственный вес несущих конструкций, который на протяжении всего периода эксплуатации моста остается неизменным;
- вес мостового полотна, воздействующий на пролетное строение после его монтажа. Данная часть нагрузки является изменчивой, т. к. в процессе эксплуатации моста может изменяться толщина дорожной одежды, поперечные размеры мостового полотна, вес инженерных коммуникаций.

Для больших пролетов постоянная нагрузка может оказаться существенной, а в некоторых случаях и превышать нагрузку от подвижного состава. Разделение на первую и вторую части учитывается в расчетах на различных стадиях возведения и эксплуатации сооружения.

*Воздействие предварительного напряжения* в конструкции устанавливают по контролируемому усилию с учетом потерь на каждой стадии работы конструкции. В железобетонных и сталебетонных конструкциях кроме потерь, связанных с технологией выполнения работ по напряжению и регулированию усилий, учитывают также потери, вызываемые усадкой и ползучестью бетона.

*Постоянную нагрузку от веса насыпи* определяют в виде горизонтального и вертикального давления грунта на элементы конструкций в зависимости от высоты засыпки и физико-механических характеристик грунта. При расчете бокового давления на опоры мостов определяют равнодействующую силу, приложенную на некоторой высоте от подошвы фундамента.

*Нормативное гидростатическое давление* воды на грунты и части сооружения, расположенные ниже уровня поверхностных или подземных вод, учитывают в расчетах по несущей способности оснований и по устойчивости положения фундаментов, если фундаменты заложены в песках, супесях и илах. При заложении фундаментов в суглинках, глинах и скальных грунтах взвешивающее действие воды учитывают в том случае, когда оно создает наиболее неблагоприятные расчетные условия. При этом уровень воды принимают наиболее невыгодный – минимальный или максимальный.

*Воздействие усадки и ползучести бетона* принимают в виде относительных деформаций и учитывают при определении перемещений и усилий в конструкциях. Ползучесть бетона определяется только от действия постоянных нагрузок. Величины нормативных деформаций усадки и ползучести для рассматриваемой стадии работы определяют по значениям предельных относительных деформаций усадки бетона и удельных деформаций ползучести бетона.

*Нормативное давление от осадки грунта* в основании опор мостов учитывается при использовании пролетных строений статически неопределимой системы и принимается по результатам расчета осадок фундаментов. Постоянные нагрузки и воздействия учитываются в расчетах с коэффициентами надежности по нагрузке. Наиболее изменчивые, например от веса конструктивных слоев дорожной одежды, имеют и большие коэффициенты надежности [34].

К временным нагрузкам от подвижного состава и пешеходов относятся вертикальные нагрузки, давление грунта от подвижного состава, горизонтальная поперечная нагрузка от центробежной силы, горизонтальные поперечные удары подвижного состава, горизонтальная продольная нагрузка от торможения или силы тяги. Прочие нагрузки и воздействия включают: ветровую и ледовую нагрузки, нагрузку от навала судов, температурные климатические воздействия, строительные нагрузки и нагрузки от эксплуатационных обустройств. При расчете сооружений данные нагрузки рассчитываются как в отдельности, так и в сочетании. Основным сочетанием считается воздействие постоянных нагрузок и воздействий с вертикальной нагрузкой от подвижного состава и пешеходов, давлением грунта от подвижного состава и нагрузкой от центробежной силы.

Для обеспечения безопасности движения автотранспортных средств по сооружениям разрешается движение только исправных транспортных средств, обладающих допускаемыми габаритами и нагрузками (о чем перед сооружением устанавливаются соответствующие дорожные знаки).

## **2.5 Долговечность**

Основания и фундаменты, опоры, пролетные строения, опорные части, элементы мостового полотна, эксплуатационных обустройств и другие части мостов, а также водопропускные трубы и подпорные стенки должны быть запроектированы и сооружены таким образом, чтобы при безусловном учете потребительских свойств, а также нагрузок и воздействий они обладали требуемой **долговечностью** для их эксплуатации в течение проектного срока службы.

Срок службы сооружения после реконструкции обеспечивается как для нового строительства, а после капитального ремонта составляет не менее 25 лет.

Требование долговечности конструкций мостовых сооружений обеспечивается выполнением расчетных условий предельных состояний, а также конструктивными требованиями и требованиями к материалам в зависимости от условий эксплуатации.

При проектировании капитального ремонта или реконструкции мостового сооружения, при определении ремонтных мероприятий по восстановлению долговечности оставляемых железобетонных конструкций следует установить толщину защитного слоя бетона, среднюю глубину и степень карбонизации бетона, оценить возможность скрытой коррозии арматуры.

---

## 3 ПЕРЕСЕЧЕНИЯ И ПРИМЫКАНИЯ НА АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГАХ

---

### 3.1 Общие положения по проектированию пересечений и примыканий на автомобильных дорогах

Пересечения автомобильных дорог между собой и примыкания одной дороги к другой могут осуществляться как в одном уровне, так и в разных. Пересечения дорог и примыкания их в разных уровнях называют транспортными развязками (узлами), а в одном уровне – пересечениями либо примыканиями автомобильных дорог.

**Пересечения и примыкания автомобильных дорог** проектируются исходя из категорий пересекаемых дорог с учетом перспективной интенсивности и состава движения по отдельным направлениям. При этом учитываются возможность стадийного развития узла или транспортной развязки, которые предусматриваются, как правило, в следующих случаях [17]:

- на автомагистралях (категория I-а) и скоростных дорогах (категория I-б) при пересечении с автомобильными дорогами всех категорий;
- на автомобильных дорогах I-в категории с дорогами, расчетная интенсивность движения на которых превышает 1000 авт./сут;
- на автомобильных дорогах I-в категории с числом полос движения 6 и более с автомобильными дорогами всех категорий при пересечении дорог II–III категории между собой при перспективной интенсивности движения (в сумме для обеих дорог) более 12000 авт./сут.

Пересечения и примыкания дорог в плане располагаются на прямых участках или на кривых с радиусами не менее 2000 м – на дорогах I-а, I-б, I-в и II категорий и с радиусами не менее 800 м – на дорогах III и IV категорий. При реконструкции дорог пересечения и примыкания допускается располагать на кривых с меньшими радиусами: на дорогах II категории – с радиусами не менее 1000 м; III – не менее 600 м; IV – не менее 400 м.

Продольные уклоны дорог на подходах к пересечениям и примыканиям на протяжении расстояний видимости для остановки автомобилей, а также съездов на дороги необщего пользования, полевые, лесные дороги, подъезды к отдельным усадьбам в пределах радиусов сопряжений не должны превышать 40 %.

Количество пересечений и примыканий, съездов и въездов на дорогах I–IV категорий должно быть возможно меньшим. Дороги V и VI категорий, а также дороги необщего пользования при пересечении автомагистралей и скоростных автомобильных дорог следует подводить к другим пересечениям.

В случае их отсутствия на участках протяженностью свыше 3 км предусматривают их устройство. Пересечения и примыкания дорог общего и необщего пользования, как правило, предусматриваются не чаще чем через 1 км на дорогах I-в и II категорий и 0,5 км – на дорогах III и IV категорий.

Транспортные развязки должны проектироваться без пересечений потоков на главных дорогах. Типы транспортных развязок, а также геометрические параметры их соединительных ответвлений следует принимать с учетом обеспечения требуемой пропускной способности.

*Правоповоротные и прямые левоповоротные соединительные ответвления* транспортных развязок при пересечении дорог I-а категории с автомобильными дорогами I-б, I-в и II категорий следует проектировать из условия обеспечения расчетной скорости не менее 80 км/ч, при пересечении прочих автомобильных дорог – 60 км/ч. Радиусы левоповоротных соединительных ответвлений развязок типа «клеверный лист» следует принимать для дорог I-а, I-б и I-в категорий не менее 60 м, для дорог II и III категорий – не менее 50 м. В стесненных условиях или в холмистой местности радиусы левоповоротных соединительных ответвлений допускается уменьшать до 30 м.

Для обеспечения просматриваемости пересечений или примыканий рекомендуется их выполнять под прямым углом или в исключительных случаях близким к нему в пределах  $50^\circ \leq \alpha \leq 100^\circ$ . При пересечении дорог под углом  $50^\circ \leq \alpha \leq 120^\circ$  рекомендуется корректировать план трассы второстепенной дороги в зоне пересечения или примыкания таким образом, чтобы на расстоянии не менее 20 м ось второстепенной дороги была прямой, перпендикулярной оси главной дороги (рисунок 3.1). Угол пересечения отсчитывается против часовой стрелки от направления главной автомобильной дороги к направлению второстепенной дороги. При криволинейном плане трассы второстепенной дороги на подходах к пересечению (примыканию) обеспечивается видимость пересечения (примыкания) и установленного перед ним дорожного знака (рисунок 3.2).

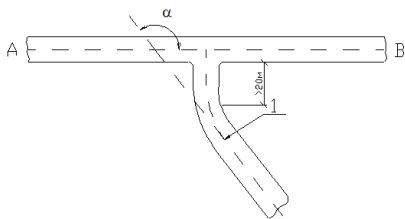


Рисунок 3.1 – Схема изменения оси второстепенной дороги 1:  
А, В – направление главной дороги

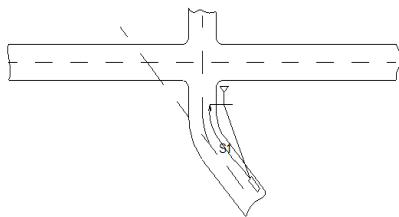


Рисунок 3.2 – Видимость на криволинейном участке второстепенной дороги

Согласно установленным нормам, в зоне пересечений в одном уровне должна быть обеспечена видимость пересекающихся направлений в треугольнике, определяемом расстоянием видимости для остановки автомобиля  $s_0$  (таблица 3.1) как по главной, так и по второстепенной дорогам (рисунок 3.3, а).

Таблица 3.1 – Зависимость расстояния видимости для остановки автомобиля от расчетной скорости

Расчетная скорость, км/ч	120	100	80	60	40	30
Расстояние $s_0$ , м	250	160	100	60	40	30

Расстояние видимости на примыканиях следует принимать по таблице 3.1 в соответствии со скоростью, обеспечиваемой радиусы закругления при выезде на главную дорогу, но не менее 30 м, а на главной дороге – в соответствии с расчетной скоростью (рисунок 3.3, б).

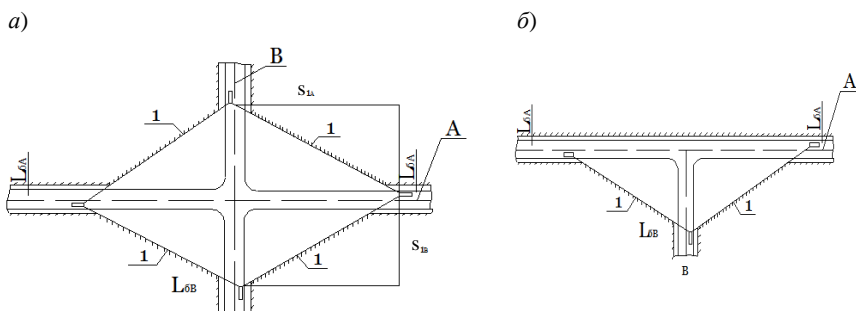


Рисунок 3.3 – Схема видимости на пересечении (а) и примыкании (б):  
 $L_{0A}$ ,  $L_{0B}$  – на автомобильных дорогах А и В; 1 – граница зоны видимости

Схема видимости, приведенная на рисунке 3.3, а, предполагает дисциплинированность водителей, движущихся по второстепенной дороге (неподчинение требованиям знака 2.4 «Уступите дорогу»).

Съезды с дорог I-в и II категорий должны иметь дорожную одежду не ниже переходного типа на протяжении не менее 50 м, съезды с дорог III и IV категорий – на протяжении не менее 30 м, а в пределах закруглений на сопряжениях – облегченного или капитального типа (за исключением дорог IV и V категорий с дорожными одеждами переходного или низшего типа).

Пересечения и примыкания дорог I-в категории с автомобильными дорогами, расчетная интенсивность движения на которых превышает 100 ед/сут, а дорог II и III категорий – с автомобильными дорогами с расчетной интенсивностью движения более 250 ед/сут, должны быть канализованы



с устройством специальных накопительных полос для выполнения левых поворотов (в расширенной разделительной полосе или с выделением разметкой зон безопасности на дорогах с двумя полосами движения) на главной дороге и устройством направляющих островков, приподнятых над проезжей частью, – на второстепенной дороге. В других случаях проектируются простые пересечения.

Если интенсивности движения по пересекающимся дорогам отличаются менее чем в 2 раза, а интенсивности движения левоповоротных потоков составляют более 30 %, на обоих пересекающихся дорогах, допускается проектировать кольцевые пересечения.

Минимальные радиусы кривизны при сопряжении кромок на пересечениях и примыканиях назначают в зависимости от категории дороги (принимаемой для пересекаемых дорог в соответствии с расчетной интенсивностью движения), с которой происходит съезд [17]: для дорог I-в категории – 25; II и III – 20; IV и V – 15 м.

Радиусы сопряжений съездов на дороги необщего пользования, полевые, лесные дороги принимают 12 м, а съездов к отдельным усадьбам – 8 м для дорог всех категорий.

### **3.2 Пересечения автомобильных дорог в одном уровне**

#### **3.2.1 Виды перекрестков и особенности движения на них**

Простое пересечение или примыкание на автомобильных дорогах применяется в случае пересечения дорог IV, V и VI категорий (рисунков 3.4). Дороги VI категории на протяжении не менее 20 м от кромки проезжей части пересекаемой дороги имеют двухполосную проезжую часть. Простое пересечение проектируют также в случае пересечения дорог II и III категорий, если пересекаемая ими дорога имеет расчетную интенсивность менее 500 авт./сут. Схему простого пересечения (примыкания) назначают также для автомобильной дороги I-в категории, если второстепенная автомобильная дорога имеет расчетную интенсивность менее 200 авт./сут.

К *стандартным* относятся перекрестки с тремя или четырьмя входами, расположенными без значимого смещения, приблизительно под прямым углом, имеющие по одной проезжей части на каждом входе. Схемы стандартных перекрестков показаны на рисунке 3.5. Основой нормального функционирования *стандартных* перекрестков является обеспечение достаточной видимости и четкое обозначение приоритета. На перекрестке должна быть обеспечена взаимная видимость конфликтующих участников за пять-шесть секунд до прибытия в точку конфликта (минимум – за три секунды). Если при фактической скорости этого добиться нельзя, скорость

должна быть снижена, в первую очередь для второстепенного потока путем предписания или рекомендации, которые можно совместить со знаком 2.4.

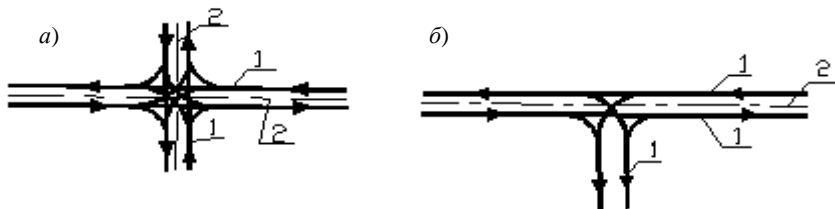
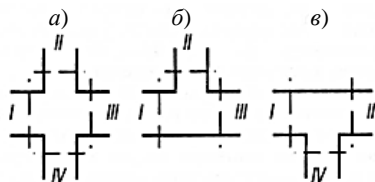


Рисунок 3.4 – Схемы простого пересечения (а) и примыкания (б) автомобильных дорог [30]:

1 – траектории движения автомобилей (оси полос движения); 2 – ось автомобильной дороги

Рисунок 3.5 – Схемы стандартных перекрестков [48]:  
а – четырехсторонний; б, в – трехсторонние;  
I–IV – нумерация входов (штриховой линией показаны пешеходные переходы)



Весьма важным и полезным является выделение для поворотных автомобилей отдельных полос, с тем чтобы их водители в спокойной обстановке и на самой удобной позиции ожидали возможности безопасного совершения маневра. Если отдать полосе поворотным потокам, загрузка оставшихся полос главного потока намного превышает загрузку полос поворотных потоков, что приводит к повышению потерь всех видов. Лучший вариант – обеспечить нормальные условия для всех потоков, что чаще всего делается за счет уширения проезжей части или сужения ширины полосы (рисунок 3.6).

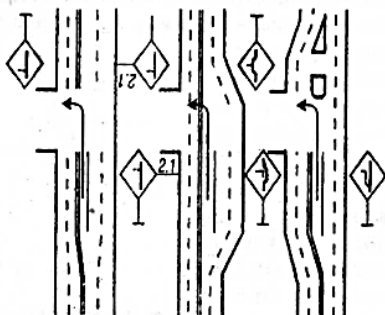


Рисунок 3.6 – Варианты организации левоповоротного движения с отдельной полосой (на поле знака 2.1 показана конфигурация перекрестка и траектория движения потоков) [48]

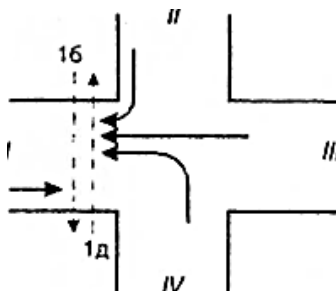
T-образные перекрестки, в принципе, мало отличаются от четырехсторонних. Различие заключается лишь в том, что на примыкании транспортным средствам всегда приходится снижать скорость из геометрических соображений. Отсюда вытекают два следующих положения: 1) при подъезде с примыкания должно быть выполнено визуальное препятствие, указывающее на конец прямого направления, – здание, посадка, ограждение, плакат, дорожный знак крупных размеров с указанием маршрутов или, в крайнем случае, дорожный знак 1.31 «Направление поворота»; 2) главной, как правило, должна быть прямая дорога, поскольку это естественно (требования к проектированию см. п. 6.1.2 [17]). При этом если главным направлением является поворотное, со стороны прямого направления (особенно с той его части, куда поворачивает главная дорога) обычно нет визуального препятствия, а значит, и потребности в снижении скорости, что очень опасно. Более того, поворотный поток, теперь уже главный, движется на предельной скорости по условиям заноса или опрокидывания, и водитель занят именно этим, а не наблюдением за второстепенным направлением, что усугубляет опасность. Что касается задержек, то они практически одинаковы при любых приоритетах. Оправданием назначения поворотной главной дороги может служить многократное превышение интенсивности движения поворотных потоков или неприемлемость остановки поворотного потока, например, при выезде с железнодорожного переезда.

На стандартных перекрестках имеются и другие особенности. Одна из них заключается в том, что при конфликтном правом повороте водитель второстепенного направления (со входа II) почти одновременно имеет два главных конфликтующих потока – транспортный и пешеходный, причем эти потоки разнонаправлены. От этого особенно страдают пешеходы как незащищенные участники движения (направление 1б на рисунке 3.7) для которых поворотный транспорт приближается сзади. Исходя из этих соображений, желательное выполнение двух условий: 1) обеспечение видимости не только конфликта T-T, но и конфликта T-П; 2) отнесение пешеходного перехода от кромки пересекаемой проезжей части на такое расстояние, чтобы перед ним могла свободно поместиться одна поворотная машина, т. е. примерно на 6–8 м. В этом случае поворотный автомобиль последовательно выполняет два маневра: вливается в главный транспортный поток и пересекает главный пешеходный поток. Однако дальше чем на 6–8 м относить пешеходный переход не следует, потому что это неудобно пешеходам и потому что поворотный транспорт начнет считать себя прямым, и тогда уже пешеходы должны будут уступать ему дорогу.

Известно, что большой радиус закругления кромки проезжей части увеличивает скорость правого поворота, что выгодно с экономической точки зрения, но в конфликте T-П создает повышенную опасность. К тому же при

повышенной скорости снижается желание водителя останавливаться перед пешеходным переходом в неясных ситуациях, что тоже нехорошо. Поэтому приходится делать выбор между производительностью и безопасностью. Если предпочтение будет отдано безопасности, то радиус закругления должен быть в пределах 8–12 м.

Рисунок 3.7 – Конфликты Т-П на пешеходном переходе 1 [48]: пешеходный поток 1б идет с ближнего тротуара по отношению к данному конфликтующему ТП; поток 1д идет с дальнего тротуара



При левом повороте даже водитель главного направления имеет три главных конфликтующих потока – главный прямой (II–IV), правоповоротный (для левоповоротного он – главный) и пешеходный. Проблем с видимостью здесь практически не имеется: все три потока хорошо видны. Правда, поскольку главный прямой поток II–IV находится практически на одной траектории с искомым левоповоротным, могут возникать трудности в определении расстояния, скорости и приемлемого интервала. Еще большие трудности вызывает встречный левоповоротный автомобиль, который может закрыть видимость главного потока. Причем выезжать на его полосу, по которой в данный момент никто не едет, тоже нельзя, т. к. этот встречный левоповоротный автомобиль может уехать раньше, и тогда с освободившейся полосы пойдет встречный главный поток. Вот почему для левоповоротных потоков рекомендуется устраивать свою отдельную полосу: в этом случае можно выдвинуться обеим машинам и улучшить обзорность (рисунок 3.7). Таким образом, необходимость отнесения пешеходного перехода связана с емкостью накопительной площадки и зависит от ширины проезжей части, интенсивности движения и состава поворотных потоков. Особенно актуально это для нагруженных и, следовательно, регулируемых перекрестков.

К *нестандартным* можно отнести перекрестки, которые имеют: более четырех входов; сложную конфигурацию, отличающуюся от стандартной; более чем одну проезжую часть на входах; излишнюю, не используемую площадь проезжей части. X- или Y-образные перекрестки также относятся к нестандартным, т. к. они имеют конфликтные точки, образованные траекториями, под тупым углом, которые в целом ряде литературных источников в сфере организации движения, признаются недопустимыми. До определен-

ного момента такие перекрестки еще работают без ДТП, но при достижении определенной их загрузки или при ухудшении условий видимости (например, подросших деревьях) начинается рост аварийности с тяжелыми последствиями. Тогда приходится разрабатывать и внедрять организационные или реконструктивные мероприятия по ликвидации недопустимых конфликтов за счет запрещения одного или нескольких направлений движения, введения светофорного регулирования, устройства дополнительных проездов с организацией традиционного левоповоротного движения и т. д. На рисунке 3.8 показаны варианты организации движения и реконструкции на X- и Y-образных перекрестках.

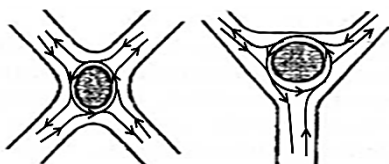


Рисунок 3.8 – Варианты организации движения вокруг центрального островка на X- и Y-образных перекрестках [48]

Довольно часто встречаются перекрестки со смещенным входом. В этом случае появляется необходимость предупредить водителей об особенностях конфигурации перекрестка посредством дорожных знаков – знаков приоритета или табличек типа 7.13 «Направление главной дороги», а на особо опасных участках наносится разметка, в том числе и вертикальная, устанавливаются защитные ограждения и т. д. По возможности, предпринимаются усилия по визуальному трассированию, чтобы заранее подготовить водителей. Кроме того, необходимо предпринимать меры по возможной реконструкции перекрестка, придав ему более подходящую форму (рисунок 3.9).

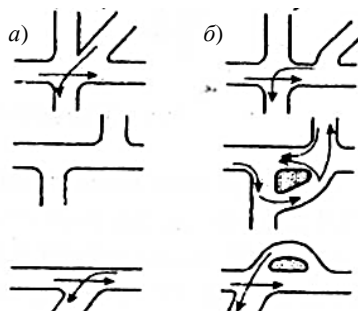


Рисунок 3.9 – Варианты реконструкции нестандартных перекрестков [48]:  
а – до реконструкции;  
б – после реконструкции

К нестандартным можно отнести и перекрестки с одним запрещенным прямым движением, которые встречаются довольно часто. Здесь необходи-

мо выполнять визуальное трассирование, если продолжение прямого движения очень опасно (например, на встречный поток), закрывать движение физически (например, на пешеходную улицу) либо дублировать запрет до и после въезда на объект.

Перекрестки с излишней площадью встречаются довольно часто. Для упорядочения движения на них применяют канализирование с помощью разметки либо приподнятыми островками. При реконструкции можно делать временные деревянно-земляные островки, чтобы определить, где их чаще всего проезжают, и чтобы к ним привыкли водители. Следует, однако, отметить, что иногда канализирование приобретает излишнюю сложность, и пользоваться таким перекрестком хуже и опаснее, чем неканализованным [48].

Перекрестки с отнесенным левым поворотом представлены на рисунке 3.10. Схема отнесения зависит от интенсивности поворотного потока, ширины проезжей части, характеристик ТП, интенсивности прямого пересекающего потока и т. д. Такие схемы применяются, в основном, при светофорном регулировании и требуют минимум четырехполосной пересекающей улицы.

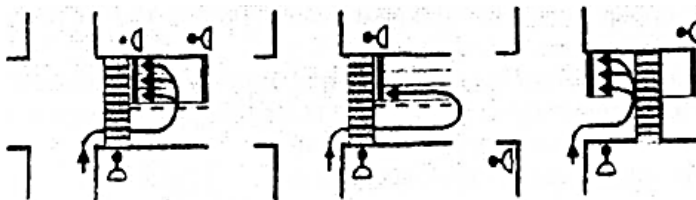


Рисунок 3.10 – Варианты отнесенного левого поворота [48]

Вариант нестандартного перекрестка с несколькими проезжими частями на входах приведен на рисунке 3.11. Разделительная полоса используется также и как островок безопасности для пешеходов. Разделительную полосу удобно использовать для организации левоповоротного движения, но в этом случае может исчезнуть островок безопасности, и тогда приходится делать большой переходной интервал для пешеходов.

Схемы перекрестков, имеющих более четырех входов, приведены на рисунке 3.12. Они, как правило, плохо поддаются светофорному регулированию: требуют большого количества фаз, т. к. даже при 3-фазном регулировании пешеходы остаются «уязвимыми». Чтобы привести дорожное движение на таких перекрестках в приемлемое состояние, прибегают к закрытию каких-либо направлений движения на входах, делая эти входы односторонними; иногда полностью закрывают один из входов, пустив ТП без большого ущерба по обходному маршруту.

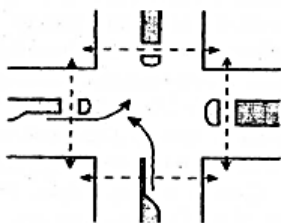


Рисунок 3.11 – Нестандартный перекресток с разделительными полосами на входах [48]



Рисунок 3.12 – Возможные схемы перекрестков, имеющих более четырех входов [48]

В целях повышения эффективности управления безопасностью дорожного движения и для снижения стоимости потерь перекрестки реконструируют по нестандартным схемам, некоторые из которых показаны на рисунке 3.13.

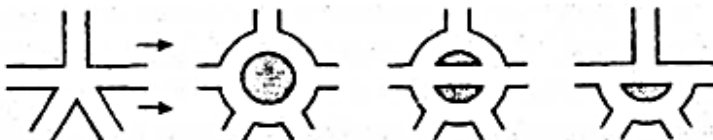


Рисунок 3.13 – Возможные варианты реконструкции нестандартного перекрестка [48]

При примерной равноценности входов целесообразно устраивать центральный островок, организовав кольцевое движение. Если же явно выделяется одно или два направления, надо сделать примыкание улицы с минимальной интенсивностью движения к одному из входов, что позволяет разделить один перекресток на два (см. рисунок 3.9).

### **3.2.2 Пересечения канализированного типа и особенности движения на них**

Условия движения по пересечениям для транспортных средств, следующих по прямым направлениям, осложняются помехами, создаваемыми маневрами поворота отдельных автомобилей. Чем выше интенсивность движения по пересекающимся дорогам и чем больше доля автомобилей,

совершающих маневры правого, и особенно левого, поворотов, тем выше опасность возникновения ДТП. Наиболее эффективным мероприятием по улучшению условий движения в одном уровне является *канализирование движения* – выделение для каждого направления движения самостоятельной полосы на проезжей части. Его можно осуществить: устройством направляющих островков, возвышающихся или изображенных на покрытии с помощью разметки; выделением дополнительных полос для ожидания транспортными средствами возможности осуществления левых поворотов без помех для автомобилей, следующих в прямом направлении; устройством на проезжей части дополнительных полос для плавного изменения скорости поворачивающих автомобилей.

Основным конструктивным решением для четкого выделения потоков движения и разделения конфликтных точек являются *каплевидные вытянутые (обтекаемые) островки*. Они предназначены для повышения безопасности движения автомобилей, поворачивающих налево с главной дороги. Канализированные пересечения с каплевидными направляющими островками и дополнительными полосами назначают при пересечении дороги III и II категории с дорогами IV категории при расчетной интенсивности движения на ней свыше 500 авт./сут. В случае пересечения (примыкания) автомобильных дорог IV категории при суммарной перспективной интенсивности движения более 1000 прив.ед./сут также применяют схему, приведенную на рисунке 3.14.



Рисунок 3.14 – Схемы канализированного пересечения (а) и примыкания (б) с каплевидными направляющими островками на второстепенной дороге [30]:  
1 – ось полосы движения; 2 – ось главной автомобильной дороги;  
3 – каплевидный направляющий островок

Схему канализированного пересечения с каплевидными направляющими островками и дополнительными полосами предусматривается на автомобильной дороге I-в категории, если на второстепенной дороге расчетная интенсивность движения более 200 авт./сут, а также на пересечениях (примыканиях) автомобильных дорог II, III категорий, если суммарная расчетная интенсивность движения менее 12000 авт./сут.



Канализированные пересечения (примыкания) могут иметь дополнительные полосы:

– *накопительные*, предназначенные для транспортных средств, поворачивающих налево с главной автомобильной дороги и улучшающие условия движения по прямому направлению главной дороги. Схема пересечений и примыканий автомобильных дорог с накопительной полосой применяется при объеме левоповоротного движения по главной автомобильной дороге более 25 % (рисунок 3.15). Они предусматриваются на дорогах I-в категории при количестве поворачивающих налево более 50 авт./сут, на дорогах II–III категорий – при количестве поворачивающих налево более 100 авт./сут;

– *переходно-скоростные*, предусматриваемые на пересечениях и примыканиях в одном уровне на дорогах I-в категории при расчетной интенсивности съезжающих (полосы торможения) или въезжающих (полосы разгона) 50 авт./сут и более; на дорогах II и III категорий – при интенсивности 200 авт./сут и более;

– *торможения*, предназначенные для уменьшения скорости движения автомобилей, поворачивающих направо с главной автомобильной дороги и улучшающие условия движения по прямому направлению главной дороги;

– *разгона*, предназначенные для автомобилей, въезжающих на главную автомобильную дорогу. Они улучшают условия движения по прямому направлению главной дороги.

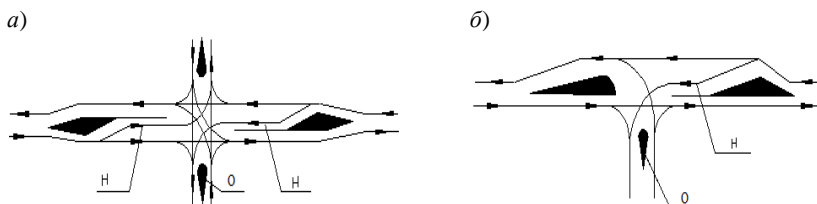


Рисунок 3.15 – Схема канализованного пересечения (а) и примыкания (б) с накопительными полосами [30]:

Н – накопительная полоса; О – каплевидный направляющий островок

При пересечении (примыкании) дорог II и III категории возможно наличие полос торможения, разгона и накопительных. Схемы таких канализованных пересечений и примыканий приведены на рисунке 3.16. При пересечении и примыкании автомобильных дорог II и III категорий полосы торможения могут быть и на второстепенной дороге (рисунок 3.17).

В случае наличия только полос торможения и разгона применяется схема пересечения автомобильных дорог, приведенная на рисунке 3.18.

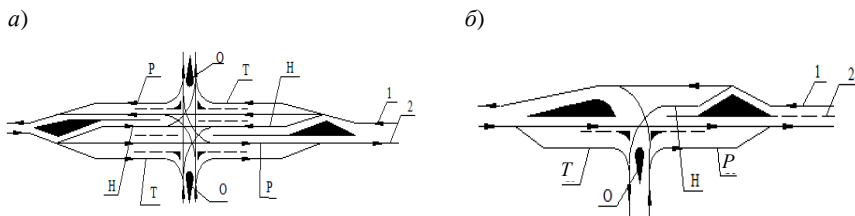


Рисунок 3.16 – Схемы канализованных пересечений (а), примыканий (б) с накопительными полосами (Н), полосами торможения (Т), разгона (Р) на главной автомобильной дороге [30]:  
 1 – траектория движения автомобиля (ось полосы движения);  
 2 – ось автомобильной дороги; О – каплевидный направляющий островок

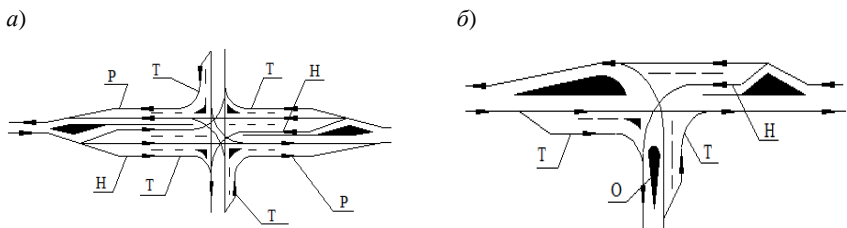
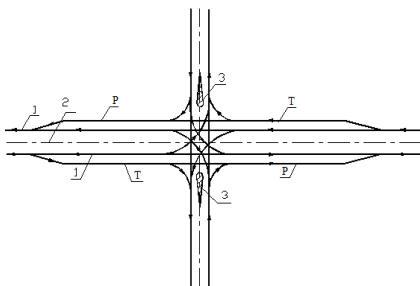


Рисунок 3.17 – Схемы канализованных пересечений (а) и примыканий (б) дорог II и III категорий при наличии полос торможения на главной и второстепенной автомобильных дорогах [30]:  
 Т – полоса торможения; Р – полоса разгона; Н – накопительная полоса;  
 О – каплевидный направляющий островок

Рисунок 3.18 – Схема канализованного пересечения автомобильных дорог при наличии полос торможения (Т) и разгона (Р):

1 – траектория движения автомобиля (ось полосы движения);  
 2 – ось автомобильной дороги;  
 3 – каплевидный направляющий островок;



### 3.2.3 Кольцевые перекрестки и особенности движения на них

Кольцевое (или круговое) движение на КПК имеет место тогда, когда потоки движутся вокруг центрального островка против часовой стрелки. Их

устраивают там, где имеется более четырех входов, на площади имеется памятник, сходятся примерно равные по интенсивности потоки, не ожидается очень высокая нагрузка, не жалко земли, плохо со светофорным регулированием. Такие условия, как правило, присутствуют на загородных дорогах. Ширина полосы на КПК больше, чем на прямых участках дорог, поскольку при движении по кольцу габаритная ширина, особенно для длиннобазных автомобилей, увеличивается. Ширина одной полосы в среднем принимается около 4 м.

Кольцевые пересечения в одном уровне допускается проектировать в случаях, когда размеры движения на пересекающихся дорогах одинаковы или отличаются не более чем в 2 раза, а количество автомобилей левоповоротных потоков составляет не менее 30 % на обеих пересекающихся дорогах. При применении кольцевых пересечений радиус кольца должен быть достаточным, чтобы обеспечить разветвления и слияния потоков.

На КПК в одном уровне должно выполняться условие (рисунок 3.19)  $CP \geq 4v$ , где  $4$  – время, предоставляемое на смену ряда, с;  $v$  – скорость движения автомобиля по кольцу, м/с.

КПК обладают следующими *преимуществами* [48]: 1) низкая относительная скорость движения, что уменьшает тяжесть последствий ДТП и позволяет эффективно взаимодействовать между собой ТП; 2) хорошие условия левого поворота, который можно выполнять одновременно с нескольких полос; 3) довольно высокая пропускная способность для пересечений в одном уровне; 4) относительно невысокие удельные задержки транспорта; 5) отсутствие необходимости в светофорном регулировании при умеренных и довольно высоких нагрузках.

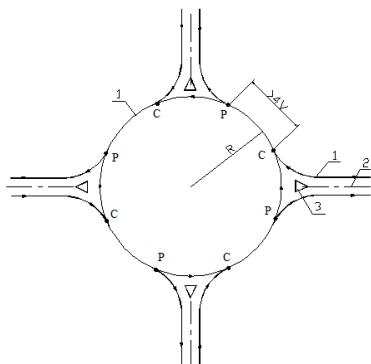


Рисунок 3.19 – Схема кольцевого пересечения автомобильных дорог:

- 1 – траектория движения автомобиля;
- 2 – ось автомобильной дороги;
- 3 – треугольный направляющий островок;
- С – точка слияния потоков;
- Р – точка разветвления потоков

К *недостаткам* кольцевых перекрестков можно отнести [48]: 1) затрудненное пешеходное движение, что объясняется отсутствием регулирования и непрерывным ТП как на входах, так и на выходах; 2) потребность в большой и ровной площади, которая в условиях города представляет колос-

сальную стоимость, особенно в центре; 3) увеличенная потребность в освещении, оборудовании и т. д.; 4) ограниченная скорость движения транзитных главных потоков (как правило, не более 40 км/ч), что не всегда приемлемо; 5) некоторый перепробег транзитных главных и левоповоротных потоков; 6) невысокая эффективность в условиях светофорного регулирования и координации.

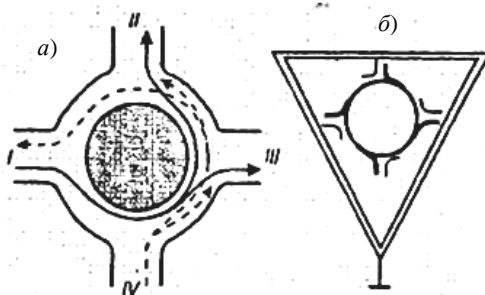
На КПК используются два основных способа регулирования:

1) *отсутствие помех справа* – въезд на кольцо осуществляется без помех, а выезд (за исключением первого правоповоротного потока) – с помехой, необходимостью пропускать въезжающий транспорт. Этот способ эффективен для правоповоротных потоков, которые по существу, кроме пешеходов, не имеют помех. Для прямых и левоповоротных транспортных средств данный способ непригоден, т. к. они вынуждены пропускать главные для них потоки, находящиеся к тому же справа. Кроме того, из-за ограниченной емкости кольца оно очень быстро заполняется остановленными автомобилями, и образуется затор, который немедленно распространяется на все входы, парализуя работу КПК. Поэтому, как только нагрузка возрастает, КПК перестает работать, даже если затор образуется только с одного входа;

2) *главное кольцо* – въезд на него осуществляется во второстепенном режиме, а дальнейшее движение по кольцу происходит без помех. Этот способ хорош при любых нагрузках и отличается тем, что главный конфликтующий поток находится слева и хорошо виден, а очереди на въезд образуются на входах, не мешая работе самого КПК.

В работе кольцевых перекрестков имеется много нерешенных (спорных) вопросов. Один из них заключается в том, что водитель движется на КПК по кратчайшему пути, как показано на рисунке 3.20, *а* (участник 1). В этом случае у него – наивысшая скорость и кратчайшая траектория (что является естественным стремлением каждого водителя), однако такое движение невыгодно другим участникам, потому что один участник занимает практически всю ширину проезжей части.

Рисунок 3.20 – К вопросу о приоритете на КПК [48]:  
*а* – неоправданно большие преимущества участника 1;  
*б* – реально существующий приоритет (знак 2.4 «Уступите дорогу» со схемой приоритетного движения)



Если бы участник I-III (цифры обозначают номера входов) (см. рисунок 3.20) освободил правую полосу на выходе из кольца, в нее мог бы бесконфликтно войти участник IV-III, однако участник I-III перешел из крайней левой полосы на кольце в крайнюю правую полосу, не пропустив участника IV-III, который надеялся, что участник I-III, для которого свободны все три полосы на выходе, пропустит его. В результате участнику IV-III пришлось в последний момент экстренно тормозить. При таком положении на КПК за преимущества участника I приходится расплачиваться [48]: 1) снижением пропускной способности, т. к. участники IV начинают маневр с места, что требует больших интервалов в главном потоке; 2) резким увеличением экономических и экологических потерь от остановок и задержек ТП IV и III; 3) заметным повышением аварийности, поскольку потоки IV и III взаимодействуют с потоком I при больших относительных скоростях; до самого последнего момента неясно, как будет развиваться конфликт I-III-IV-III; ТП I имеет на выходе повышенную скорость, что не очень хорошо для конфликта Т-П; 4) социальными потерями, поскольку участник I получает неоправданно большие преимущества за счет других участников.

Таким образом, если кольцо – главное, то каждый участник, съезжающий с кольца на второстепенную дорогу, должен однозначно уступать участникам, движущимся по кольцу. Более того, поскольку другие участники находятся от него справа, он должен уступать им при взаимном маневрировании, как требуют ПДД. Однако участник I, ссылаясь на другой пункт ПДД, зачастую считает, что все участники, въехавшие после него на кольцо с второстепенного входа (примыкания), являются второстепенными, и, не смотря на то, что они находятся от него справа, он имеет перед ними преимущество, следовательно, все, кто справа, являются второстепенными и должны уступать ему дорогу. Однако такое рассуждение неверно, по меньшей мере, по следующим причинам (см. рисунок 3.20): 1) справа от участника I может находиться водитель, въехавший на кольцо вместе с ним или даже раньше; 2) полученное однажды преимущество участника I перед участниками IV и III не может сохраняться бесконечно и где-то должно окончиться, а оба участника должны стать равноправными, двигаясь по главной дороге. ПДД не определяют момент, где кончаются преимущества участника I и начинаются преимущества участников IV и III.

На практике водители между собой разрешают этот конфликт с учетом габаритов транспортных средств (грузовой автомобиль имеет фактическое преимущество перед легковым или мотоциклом) и видимой целесообразности. Видимая целесообразность заключается в том, что, если участник I не будет иметь преимущества, то он не сможет выехать с кольца, и оно «остановится» (на данном направлении), поэтому ему и дают преимущество, которое он использует в собственных интересах, зачастую совершенно не считаясь с другими участниками.

В результате сложилось такое положение, при котором регулирование осуществляется не по принципу главного кольца, а по принципу преимущества того, у кого нет «помехи слева» или «береги левый борт». Этот весьма разумный принцип водители приняли, но он находится в заметном противоречии с нормативным принципом «помехи справа». Таким образом, на практике делается прямо противоположное требованиям ПДД, что стало обычной нормой, хотя в некоторых конфликтах приоритет иногда имеет принципиальный характер. Пути решения этой задачи могут быть следующими [48, 62]: 1) главной дорогой, как правило, должны быть кольцо и выходы с него (см. рисунок 3.20); 2) при выезде с кольца, место которого должно быть оговорено, водитель не имеет права менять полосу движения. Выезд в первую полосу выхода разрешен только с первой полосы кольца, во вторую – со второй и т. д.; 3) если на данном выходе имеется меньше полос, чем на кольце, дополнительные полосы кольца должны предназначаться только для движения по нему; 4) при взаимном перестроении (выезд с кольца может рассматриваться как взаимное отклонение двух равнозначных ТП) преимущество имеет участник, у которого нет помехи слева; 5) перед каждым выходом должны быть установлены рекомендуемые дорожные знаки движения по полосам. Эти знаки следует продублировать (возможно, сразу же после предыдущего выхода), чтобы водители могли своевременно подготовиться к маневру выезда с КПК.

Нерешенным остается также вопрос о порядке подачи сигнала поворота участниками движения по КПК, когда участник движения обязан предупредить других о выходе из кольца. Это позволяет второстепенным участникам оценить ситуацию и принять своевременное решение. При этом сигнал должен подаваться в тот момент, когда участник миновал предыдущий выход. Показ левого поворота необходим только перед перестроением в левую полосу при движении по кольцу. Если кольцо – главное, то, не меняя полосу, участник движется по главной дороге, и в этом случае незачем показывать поворот. Но когда он меняет полосу или съезжает с КПК, поворот обязательно нужно показать. Таким образом, каждый участник движения обязан показать сигнал правого поворота при выезде с КПК и сигнал левого поворота – при перестроении в левую полосу. В связи с этим имеются проблемы при небольших размерах центрального островка или смещенных входах. Водители потоков 4 и 3 поздно определяют траекторию движения участника 1: идет ли он по кольцу или поворачивает направо. В результате упускается приемлемый интервал, снижается пропускная способность и начинаются резкие маневры, что очень небезопасно.

Следует учитывать, что время реакции и достижения необходимой скорости у водителей являются относительно стабильными. В отдельных случаях при малых размерах центрального островка или смещениях входов это время

превышает время движения главного потока от момента распознавания его траектории до момента прибытия в конфликтную точку. Поэтому надо стремиться увеличить время от момента распознавания траектории до прибытия в конфликтную точку. Для этого имеются следующие возможности [48]: 1) уменьшить скорость движения ТП (хотя, в принципе, ее очень сложно проконтролировать); 2) съезжающим с кольца раньше подавать сигнал правого поворота, делая это не позднее некоего фиксированного места, максимально удаленного от конфликтной точки; 3) увеличить центральный островок, удливив тем самым траекторию движения главного потока; 4) искривить центральный островок, сделав его, например, прямоугольным, увеличивая тем самым траекторию и уменьшая скорость на крутых поворотах; 5) рекомендовать специализацию полос на выходе, например, при трех полосах на кольце и трех на выходе можно двигаться из первой в первую, из второй во вторую и т. д.; можно делать на кольце на одну полосу больше, чем на выходах: кто находится на крайней левой полосе, может двигаться только налево; 6) сместить выходы так, чтобы они соответствовали их нагрузке и важности: если данный выход очень важный и нагруженный, то предыдущий должен быть отнесен как можно дальше от него.

Комбинация этих факторов позволяет добиться приемлемых результатов. Следует учитывать, что имеются и другие возможности воздействовать на ТП на КПК: 1) рекомендовать на въезде оптимальную скорость; 2) формой направляющего островка на входе поставить въезжающий автомобиль в благоприятное положение, отдалив (отжав) его от центрального островка; 3) направить вход напротив движения и заставить водителей резко снижать скорость, круто разворачивая их островком перед входом; 4) изменять ширину входа, впуская одновременно машины на все полосы кольца или только на одну (в первом случае будет лучше на последующем входе, потому что появятся большие разрывы в главном потоке, но станет хуже на дальнем, через один, входе, т. к. последующий вход, получив свободный доступ, займет кольцо; во втором случае будет хуже на последующем входе, т. к. кольцо все время будет занято одиночными машинами, но будет лучше на дальнем входе, т. к. все эти машины уже уйдут с кольца, а новых будет мало, – их не будут пускать эти одиночки). В обоих случаях предполагается, что основная масса транспортных средств идет в прямом направлении, а с поворотом налево (т. е. на три перегона) – значительно меньше.

Пропускная способность КПК есть функция следующих параметров [48]: 1) доли правоповоротных потоков, которые должны быть бесконфликтными без всяких исключений; 2) ширины проезжей части на въезде и на подходе к конфликтной зоне: чем она больше, тем больше пропускная способность; 3) длины линии переплетения, выполняющей роль своего рода разгонной полосы: чем она больше, тем выше пропускная способность;

4) видимости главного конфликтующего участника и его намерений: чем она лучше, тем больше пропускная способность; 5) полного использования всей ширины проезжей части: чем больше рядов на КПК, тем лучше; 6) скорости движения по КПК (представляется, что в городских условиях оптимальная скорость находится в пределах не более 40 км/ч) с точки зрения пропускной способности; 7) порядка движения на КПК и уважительного отношения к второстепенным участникам.

Проблема пешеходного движения на КПК также актуальна из-за того, что ТП непрерывный, и для пешеходов несколько ограничена видимость. Эту проблему можно решить разными способами:

1) выход должен быть, по возможности, прямым и размеченным, чтобы пешеход заранее видел все транспортные средства, выходящие с КПК, в том числе, с поворота направо;

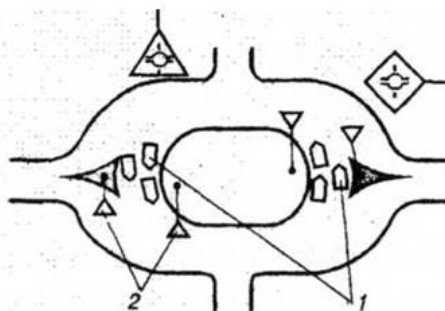
2) пешеходный переход должен быть отнесен на некоторое расстояние, чтобы создать перед ним накопительную площадку достаточной емкости (пожалуй, это одно из основных);

3) пешеходный переход должен быть четко обозначен, и, при необходимости, перед ним должна быть установлена рекомендуемая или предписываемая скорость (например, 40 км/ч). Следует учитывать, что пешеход хуже ориентируется в скорости, особенно при разгоне автомобиля. Поэтому на выходе пешеходного перехода вполне допустимо понижение скорости, тогда как на входе ограничивать скорость не следует, поскольку ТП и так притормаживают. Разумеется, островок безопасности обязателен и может быть совмещен с направляющим островком.

При кольцевом движении, где преобладает одно транзитное направление, приоритет нужно однозначно отдавать этому направлению. При этом надо устраивать достаточные накопительные емкости для левоповоротных и пересекающих потоков, также делать ступенчатые стоп-линии, чтобы транспортные средства не закрывали друг другу видимость (рисунок 3.21).

Рисунок 3.21 – Кольцевой перекресток с преобладанием транзитного направления [48]:

- 1 – накопительные емкости для пересекающегося и левоповоротного транспорта;
- 2 – дорожные знаки 2.4 «Уступи дорогу»





### **3.3 Пересечения автомобильных дорог в разных уровнях**

Пересечения или примыкания автомобильных дорог в разных уровнях называют **транспортными развязками**. Они проектируются таким образом, чтобы исключить точки пересечения потоков транспортных средств на автомагистралях и скоростных дорогах. Пересечения в разных уровнях обеспечивают соответствующие **преимущества**: 1) устройство путепровода через одну из пересекающихся дорог позволяет легко пропустить потоки движения по обеим дорогам в прямом направлении без снижения скорости из-за помех от поворачивающих автомобилей; 2) обеспечивается более четкая организация движения пересекающихся ТП по сравнению с пересечениями в одном уровне; 3) существенно улучшается безопасность движения, особенно при осуществлении левых поворотов, а также повышается производительность, однако они требуют много территории и стоят очень дорого.

С точки зрения управления дорожным движением при использовании пересечений автомобильных дорог в разных уровнях достаточное внимание должно уделяться вопросам обеспечения достаточной видимости и маршрутного ориентирования. Плохое ориентирование приводит к неуверенному движению, резким маневрам и немалым потерям, в основном, от аварийности и перепробега. В этом плане символика обозначений на дорожных знаках должна быть безупречной, поскольку схемы пересечений могут быть самые разные.

Основные типы транспортных развязок четырех направлений дорог приведены на рисунке 3.22, трех направлений – на рисунке 3.25.

В практике проектирования в Республике Беларусь наибольшее распространение получили транспортные развязки по типу *«клеверный лист»* для четырех направлений (рисунки 3.22, 3.23) и по типу *«труба»* (рисунки 3.25, 3.27, 3.29) для трех направлений. К их достоинствам относится сравнительно невысокая стоимость, т. к. требуется строительство одного путепровода, хорошие условия движения на правых поворотах. Однако эти транспортные развязки занимают большую площадь. Кроме того, движение автомобилей на левых поворотах связано с перепробегами и малой скоростью движения автомобиля вследствие малого радиуса траектории движения автомобиля.

Кольцевые пересечения автомобильных дорог позволяют улучшить условия левоповоротного движения, т. к. скорость движения увеличивается по сравнению с транспортной развязкой по типу *«полный клеверный лист»*.

Наиболее простым и распространенным типом пересечений в разных уровнях является *«клеверный лист»* (см. рисунок 3.23), в котором повороты налево осуществляются по левоповоротным петлям путем поворота направо на 270° после проезда моста.

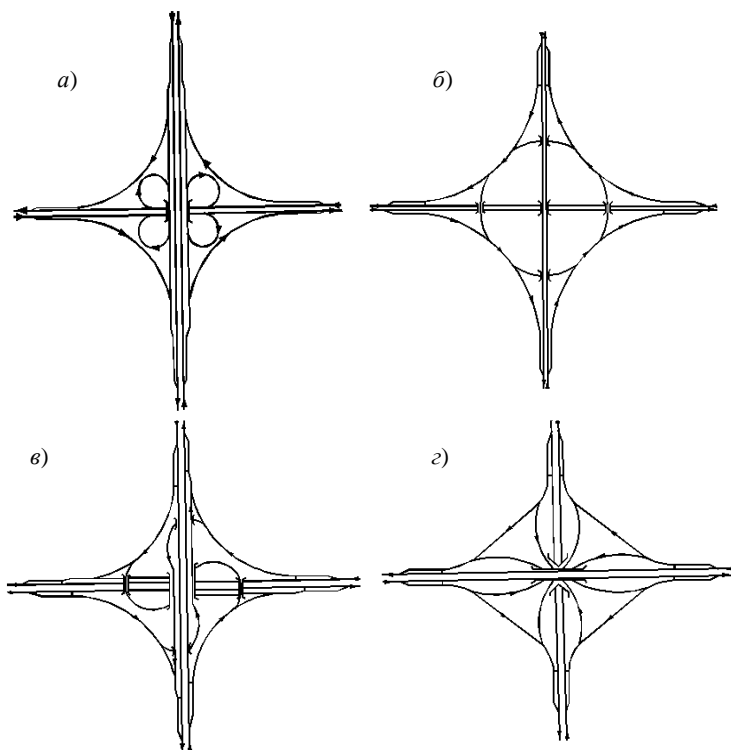


Рисунок 3.22 – Схемы полных транспортных развязок четырех направлений на пересечениях автомобильных дорог:  
 а – «клеверный лист»; б – распределительное кольцо с пятью путепроводами;  
 в – турбинный тип; з – четырехъярусное пересечение

*Недостатком* пересечений по типу «клеверного листа» является значительное удлинение пути пробега автомобилей, поворачивающих налево, по сравнению с необходимым для автомобилей, сворачивающих направо. Однако и для правоповоротных петель из-за размещения внутри них петель левоповоротных съездов приходится значительно удлинять пути съездов. Поэтому пересечения по схеме «клеверного листа» занимают значительную площадь, причем замкнутые между их съездами земельные участки трудно рационально использовать.

Пересечение с *распределительным кольцом* обеспечивает большие удобства для автомобилей, меняющих направление движения, т. к. кольцо имеет больший радиус, чем левоповоротные съезды на пересечении по типу «клеверного листа». Однако стоимость этого пересечения значи-

тельно выше в связи с необходимостью постройки пяти путепроводов и выполнения больших объемов земляных работ, поскольку кольцо располагается на высокой насыпи. Движение по кольцу сопровождается частыми маневрами переплетения при въездах и съездах автомобилей. В некоторых случаях используется *упрощенное распределительное кольцо* (рисунок 3.24).



Рисунок 3.23 –  
Пересечение по типу  
«клеверный лист» [37]

Рисунок 3.24 –  
Общий вид пересечения  
по типу упрощенного  
распределительного  
кольца [37]



При наличии на транспортной развязке одного или нескольких мощных левоповоротных потоков автомобилей для сокращения или исключения перепробегов применяются схемы транспортных развязок с полупрямыми или прямыми левоповоротными соединительными ответвлениями (см. рисунки 3.25, 3.26).

Для уменьшения стоимости строительства при соответствующем технико-экономическом обосновании при пересечении с дорогами низших категорий могут применяться *неполные транспортные развязки* (рисунки 3.27, 3.28). На неполных транспортных развязках допускается ухудшение условий движения транспортных средств на второстепенной дороге. Однако на главной дороге I-а, I-б категорий не допускается пересечение потоков автомобилей, поворачивающих налево, и автомобилей, следующих по прямому направлению главной дороги.

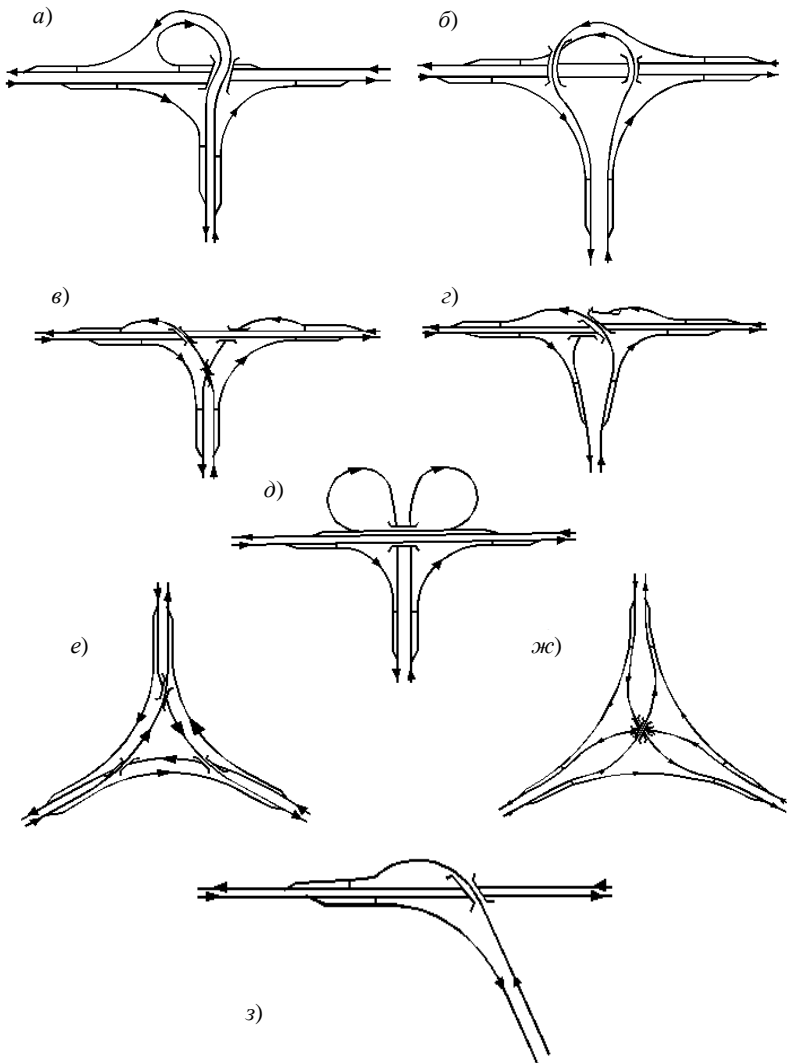


Рисунок 3.25 – Схемы транспортных развязок трех направлений автомобильных дорог:

- а* – примыкание по типу «труба»; *б* – грушевидное примыкание;  
*в, г* – примыкание с полупрямыми левоворотными съездами; *д* – листовидное примыкание;  
*е* – примыкание по типу треугольника; *жс* – трехъярусное примыкание; *з* – разветвление

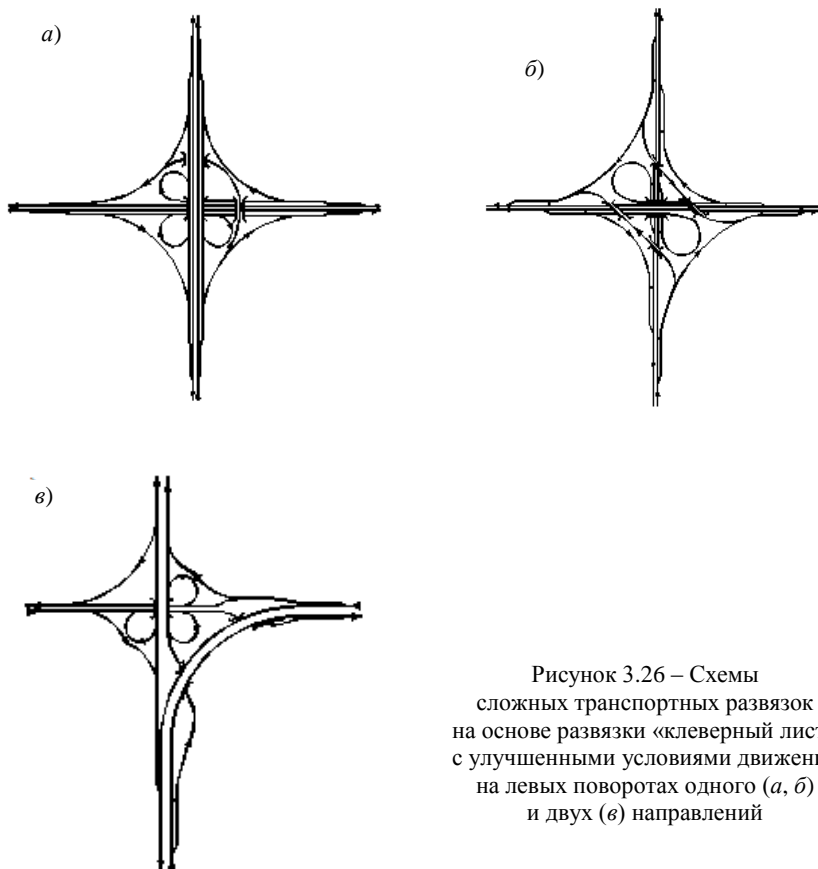


Рисунок 3.26 – Схемы сложных транспортных развязок на основе развязки «клеверный лист» с улучшенными условиями движения на левых поворотах одного (а, б) и двух (в) направлений

Рисунок 3.27 – Общий вид пересечения по типу неполного «клеверного листа» [37]



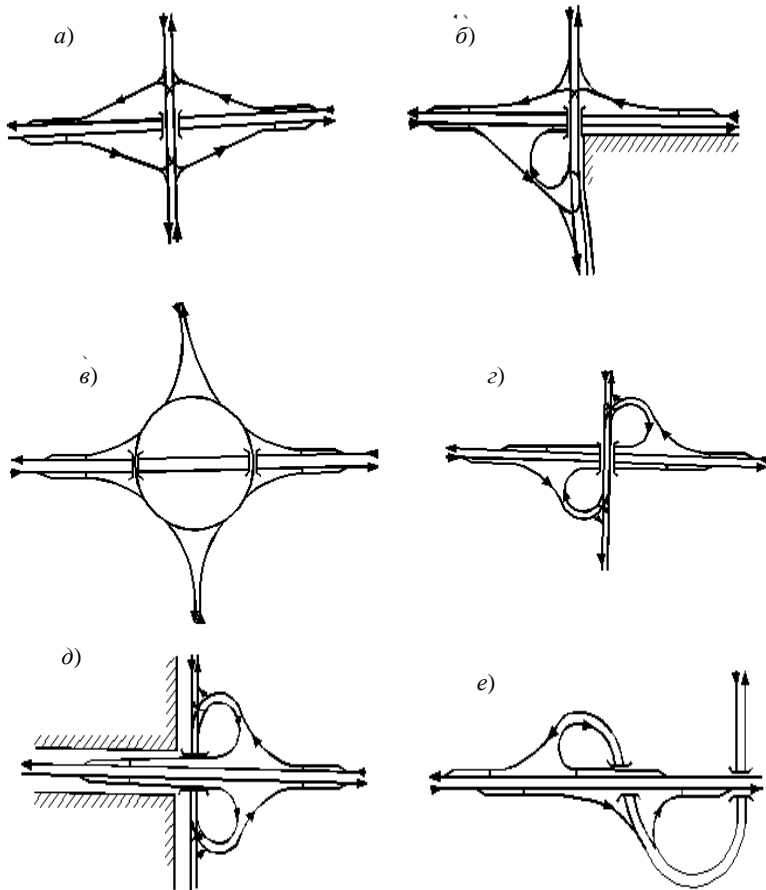


Рисунок 3.28 – Схемы неполных транспортных развязок:  
*a* – ромбовидная; *б* – ромбовидная и неполный клеверный лист;  
*в* – кольцевая с двумя путепроводами; *г*, *д* – неполный клеверный лист;  
*е* – пересечение с использованием примыкания по типу «труба»

Для улучшения условий движения по прямому направлению второстепенной дороги целесообразно вводить дополнительные (накопительные) полосы для автомобилей, поворачивающих налево с второстепенной автомобильной дороги (рисунок 3.30).



Рисунок 3.29 –  
Общий вид примыкания  
по типу «труба» [37]

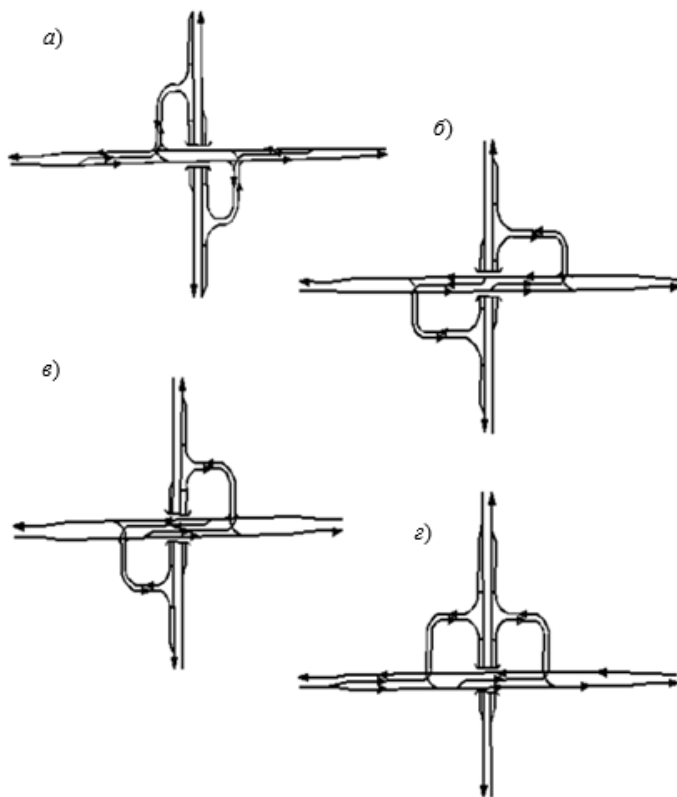


Рисунок 3.30 – Дополнительные (накопительные) полосы  
на пересечениях по типу «неполный клеверный лист»

### 3.4 Элементы транспортных развязок

Зона транспортной развязки может включать участки пересекающихся (примыкающих) автомобильных дорог, путепроводы, соединительные ответвления, переходно-скоростные полосы с отгонами уширения, сборно-распределительные полосы, полосы для аварийной остановки (рисунок 3.31). Зона транспортной развязки определяется положением створов начала (конца) отгона уширения на пересекающихся (примыкающих) автомобильных дорогах. Так, на дороге 1, границей зоны транспортной развязки являются створы a-a и b-b (см. рисунок 3.31). Для движения при смене направления направо проектируют правоповоротные соединительные ответвления, а для движения налево – левоповоротные соединительные ответвления. Соединительные ответвления в зависимости от интенсивности движения автомобилей по ним могут быть однополосными (рисунок 3.31, 4 и 7) и многополосными (рисунок 3.31, 5 и 6). Они допускают движение автомобилей с меньшей скоростью по сравнению с пересекающимися дорогами. Поэтому они начинаются и заканчиваются переходно-скоростными полосами (торможения и разгона), в случае отмыкания с дорог I и II категорий или примыкания к ним.

Длина переходно-скоростных полос назначается [17]:

– для замедления: 1) при повороте на съезд и для разгона при выезде со съезда с радиусами закруглений менее 30 м, а также для разгона при выезде со съезда с любым радиусом на совмещенную переходно-скоростную полосу (таблица 3.2); 2) при повороте на съезд с радиусом 30 м и более, а также для разгона при выезде со съезда с радиусом 30 м и более на отдельную полосу. При этом скорость в конце полосы торможения и в начале полосы разгона определяется по радиусу закругления съезда (для разгона – не более 50 км/ч), скорость в конце полосы разгона и в начале полосы торможения – в зависимости от расчетной скорости;

– для автобусных остановок на дорогах: 1) I-б, I-в, II и III категорий – по таблице 3.2 – для расчетной скорости 80 км/ч; 2) IV категории – 40 м – для разгона и торможения.

При наличии на входном участке съезда тормозной кривой длина переходно-скоростной полосы торможения может определяться в соответствии со скоростью, обеспечиваемой в начале тормозной кривой.

При расчетной интенсивности движения на дороге более 15000 ед./сут, а по полосе разгона – более 2000 ед./сут длину полосы разгона следует увеличить на 70 м для дорог категории I-а и на 50 м – для дорог категорий I-б и I-в.

Переходно-скоростные полосы следует, как правило, проектировать параллельно основной проезжей части. На дорогах II и III категорий полосы торможения могут проектироваться клиновидного типа, в виде отгона дли-



### 320 3 ПЕРЕСЕЧЕНИЯ И ПРИМЫКАНИЯ НА АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГАХ

ной 80 м. В случае, если их длина, определенная по графическим данным кодекса [17], менее 50 м, разность скоростей не превышает 10 км/ч, а расчетная интенсивность движения – менее 1000 ед./сут. В остальных случаях минимальная длина переходно-скоростных полос параллельного типа должна быть не менее 50 м.

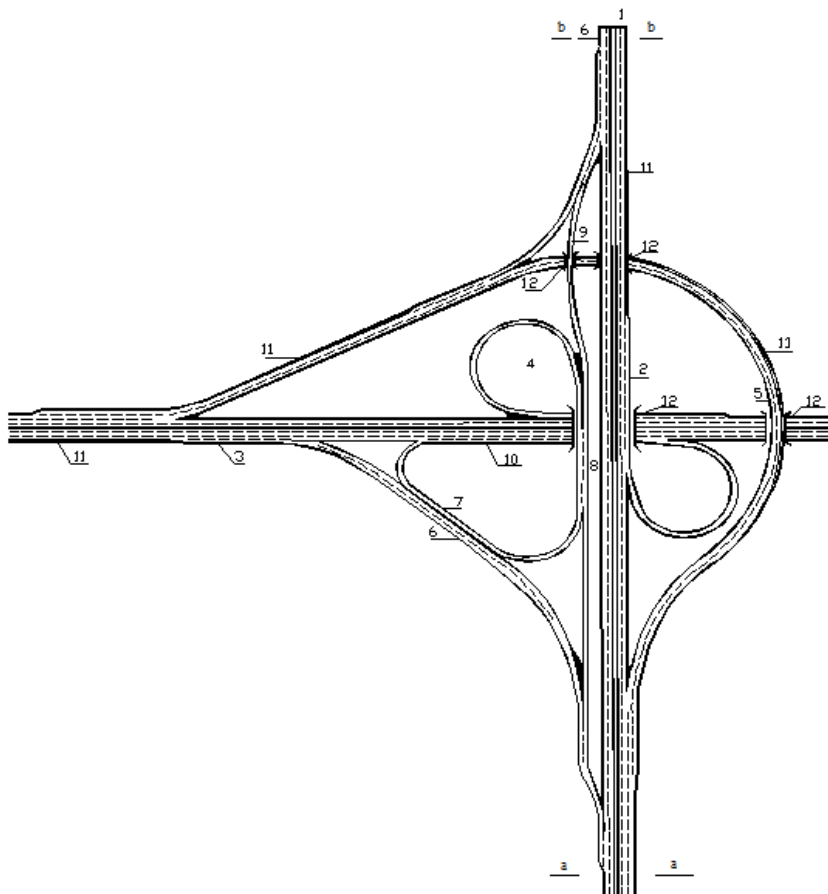


Рисунок 3.31 – Элементы транспортной развязки:

- 1 – главная проезжая часть; 2 – участок примыкания (полоса разгона); 3 – участок отмыкания (полоса торможения); 4 – самостоятельное левоповоротное соединительное ответвление;
- 5 – комбинированное соединительное ответвление; 6 – правоповоротное соединительное ответвление; 7 – левоповоротное соединительное ответвление, запроектированное с учетом положения правоповоротного; 8 – зона переплетения потоков; 9 – сборно-распределительная проезжая часть; 10 – дополнительная полоса в зоне переплетения потоков;
- 11 – полоса для аварийной остановки; 12 – путепровод

Таблица 3.2 – Зависимость длин полос торможения и разгона от расчетной скорости [17]

Расчетная скорость, км/ч	Длина полосы торможения, м	Длина полосы разгона, м
140	270	370
120	140	220
100	90	180
80	70	160

Переходно-скоростные полосы автобусных остановок на автомобильных дорогах IV категории проектируются клиновидного типа с длиной переходно-скоростных полос: 80 м – для разгона и 60 м – для торможения.

Ширину переходно-скоростных полос следует принимать равной ширине основных полос проезжей части. Укрепленные полосы обочин вдоль переходно-скоростных полос разгона допускается не устраивать.

Длину отгона полос разгона и торможения принимают по таблице 3.3.

Таблица 3.3 – Зависимость длин отгона полос торможения и разгона от расчетной скорости [17]

Расчетная скорость, км/ч	Длина отгона, м	
	полоса торможения	полоса разгона
140	50	80
120	30	60
100	30	60
80	30	30

### 3.5 Проектирование транспортной развязки «полный клеверный лист»

Транспортная развязка «полный клеверный лист» включает (рисунок 3.32): проезжие части и земляное полотно пересекающихся дорог, путепровод, левоповоротные соединительные ответвления, правоповоротные соединительные ответвления, полосы торможения и разгона, отгон уширения. В качестве путепровода на развязках данного типа применяются путепроводы различных схем: балочные трех- или четырехпролетные (рисунок 3.33).

Проектирование транспортной развязки «полный клеверный лист» включает: 1) проектирование поперечного и продольного профиля пересекающихся автомобильных дорог; 2) обоснование поперечного профиля лево- и правоповоротных соединительных ответвлений; 3) проектирование плана, продольного профиля лево- и правоповоротных соединительных ответвлений; 4) составление разбивочных чертежей лево- и правоповоротных соединительных ответвлений; 5) проектирование ограждений на транспортной развязке; 6) проектирование освещения; 7) расстановку дорожных знаков; 7) разметку; 8) определение объемов работ; 9) определение площади земель, занимаемой транспортной развязкой.

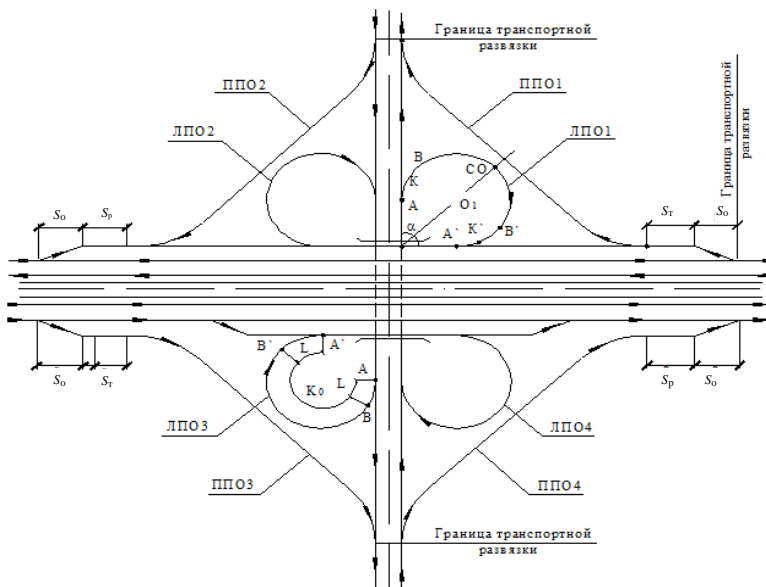


Рисунок 3.32 – Элементы транспортной развязки «полный клеверный лист»:

ЛПО1...4 – левоворотные соединительные ответвления 1–4;

ППО1...4 – правоворотные соединительные ответвления 1–4;

$s_0$  – длина отгона уширения;  $s_r$  – длина полосы торможения;  $s_p$  – длина полосы разгона

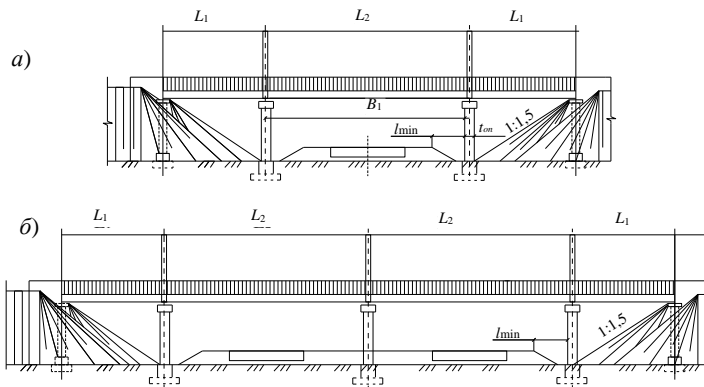


Рисунок 3.33 – Схемы балочных трех- (а) и четырехпролетных (б) путепроводов:

$L_1, L_2$  – длины пролетов

Поперечный профиль пересекающихся автомобильных дорог определяется их категориями и наличием переходно-скоростных полос. Переходно-скоростные полосы предусматриваются на примыканиях и отмыканиях соединительных ответвлений дорог I и II категорий. Ширина полосы движения 3,75 м на дорогах I-а категории, 3,5 м – на дорогах I-б, I-в, II и III категорий и 3,0 м – на дорогах IV категории.

Продольный профиль пересекающихся автомобильных дорог проектируют с учетом норм проектирования (величин уклонов, радиусов вертикальных кривых), зависящих от категории дорог, и контрольных и руководящих отметок.

Проектирование продольного профиля пересекающихся автомобильных дорог начинают с нижней дороги. При проектировании продольного профиля верхней автомобильной дороги сначала вычисляется контрольная отметка проектной линии на путепроводе:

$$H_n = H_n + \Gamma_a + C + 0,2, \quad (3.5)$$

где  $H_n$  – проектная отметка нижней дороги, м;  $\Gamma_a$  – автодорожный габарит, м, равный 5,0 м в случае, если нижняя дорога имеет категории I–III, и 4,5 м – если IV;  $C$  – строительная высота пролетного строения, зависит от схемы путепровода, м; 0,2 – запас на усиление дорожной одежды, м.

Проектная линия верхней дороги в равнинной местности имеет, как правило, выпуклое очертание.

Двухполосные соединительные ответвления проектируют на дорогах I категории в зависимости от интенсивности ТП, поворачивающих налево или направо, и пропускной способности полосы движения. Ширину проезжей части двухполосных соединительных ответвлений принимают 7,0 м с уширением на кривых (таблица 3.4).

Таблица 3.4 – Зависимость уширения проезжей части двухполосных соединительных ответвлений от радиуса кривой

Радиус круговой кривой, м	140	95	80	60	50	40	30
Уширение проезжей части, м	0,9	1,1	1,2	1,4	1,5	1,8	2,2

Ширину левой обочины соединительных ответвлений следует принимать 1,5 м, а правой – в зависимости от интенсивности движения, но не менее 1,5 м. Так, если интенсивность движения до 200 авт./сут, то ширина правой обочины равна 1,5 м, если интенсивность движения 200–2000 авт./сут, то ширина обочины – 2,0 м, если интенсивность движения 2000–5000 авт./сут, то ширина правой обочины – 2,5 м.

### 3.6 Пересечения автомобильных дорог и железнодорожных путей (железнодорожные переезды)

#### 3.6.1 Классификация железнодорожных переездов

По месту расположения переезды подразделяют:

- на *общего пользования*, расположенные на пересечении железнодорожных путей с автомобильными дорогами общего пользования;
- *необщего пользования*, расположенные на пересечении железнодорожных путей с автомобильными дорогами необщего пользования.

В зависимости от интенсивности движения поездов и транспортных средств железнодорожные переезды общего пользования подразделяют на четыре категории в соответствии с таблицей 3.5.

Таблица 3.5 – Категории железнодорожных переездов [29]

Интенсивность движения поездов по железной дороге (суммарно в обоих направлениях), поездов/сут	Интенсивность движения транспортных средств по автомобильной дороге (суммарно в обоих направлениях), ед./сут				
	до 200 включ.	св. 200 до 1000 включ.	св. 1000 до 3000 включ.	св. 3000 до 7000 включ.	св. 7000
До 16 включ.	IV	IV	IV	III	II
Св. 16 до 100 включ.	IV	IV	III	II	I
Св. 100 до 200 включ.	IV	III	II	I	I
Св. 200	III	II	II	I	I
Все станционные и подъездные пути	IV	IV	IV	III	II
<i>Примечания</i>					
1 Интенсивность движения транспортных средств указана в единицах, приведенных к легковому автомобилю.					
2 Интенсивность движения поездов по станционным и подъездным путям не регламентируется.					

Переезды на железных дорогах с установленными скоростями движения поездов свыше 140 км/ч независимо от интенсивности движения транспортных средств по пересекаемым автомобильным дорогам или улицам следует относить к I категории.

В зависимости от регламента работы переезды подразделяют:

- на *регулируемые*, оборудованные устройствами переездной сигнализации для водителей транспортных средств и (или) обслуживаемые дежурным работником;
- *нерегулируемые*, не оборудованные устройствами переездной сигнализации и не обслуживаемые дежурным работником.

Обслуживание дежурным работником устанавливается на переездах:

- всех, относящихся к I категории;

– расположенных на участках железнодорожного пути с установленными скоростями движения поездов свыше 140 км/ч;

– II категории, оборудованных переездной сигнализацией, расположенных на участках железнодорожного пути с интенсивностью движения свыше 16 поездов/сут.

Переезды, не оборудованные переездной сигнализацией, обслуживаются дежурным работником в следующих случаях:

– при пересечении трех и более главных путей с автомобильными дорогами;

– если переезд II категории имеет неудовлетворительные условия видимости, а на участках с интенсивностью движения свыше 16 поездов/сут – независимо от условий видимости;

– если переезд III категории имеет неудовлетворительные условия видимости и расположен на участке с интенсивностью движения свыше 16 поездов/сут, а на участках с интенсивностью движения свыше 200 поездов/сут – независимо от условий видимости.

Для водителей транспортных средств, находящихся на расстоянии 50 м и менее от крайнего рельса, удовлетворительной следует считать видимость приближающегося к переезду с любой стороны поезда на расстоянии согласно таблице 3.6.

Таблица 3.6 – Расстояние видимости на железнодорожном переезде [29]

Установленная скорость движения поездов в зоне переезда, км/ч	Расстояние, при котором обеспечена удовлетворительная видимость для водителей транспортных средств, м
До 25 включ.	100
Св. 25 до 40 включ.	150
» 40 » 80 »	250
» 80 » 120 »	400
» 120 » 140 »	500

### 3.6.2 Устройство, проектирование и эксплуатация железнодорожных переездов

Пересечения железнодорожного пути следует проектировать в разных уровнях с автомобильными дорогами [17]:

– категорий I-а, I-б, I-в, II, III всегда;

– имеющими трамвайные или троллейбусные линии;

– категории IV или V при условиях: 1) расчетной интенсивности движения транспортных средств более 1000 ед./сут; 2) интенсивности движения по железной дороге более 100 поездов/сут; 3) пересечении двух и более главных путей; 4) установленных скоростях движения поездов более 120 км/ч; 5) расположении железнодорожных путей в выемке; 6) при не удовлетворительных условиях видимости.

Не допускается устройство железнодорожных переездов с пересечением приемоотправочных путей и горловин железнодорожных станций в случаях, когда во время стоянки поезда в границах полезной длины путей переезд перекрывается поездом или идет посылка извещения на переезд о его закрытии при запрещающих показаниях входных и выходных светофоров. В исключительных случаях устройство таких переездов может быть произведено с разрешения балансодержателя железной дороги.

Проектирование новых и переустройство (реконструкция) переездов допускаются при следующих условиях:

- расчетная интенсивность движения транспортных средств не более 1000 ед./сут;

- интенсивность движения по железной дороге не более 100 поездов/сут;

- установленные скорости движения по железной дороге не более 120 км/ч;

- обеспечены удовлетворительные условия видимости согласно нормативу [17];

- не требуется их обслуживание дежурным работником;

- автомобильные дороги IV или V категорий пересекают не более одного главного пути;

- автомобильные дороги низших категорий пересекают не более двух главных путей.

Проектирование переустройства переездов допускается также в случаях:

- если установлена необходимость в их обслуживании дежурным работником;

- необходимости устройства (модернизации) переездной сигнализации;

- необходимости проведения работ, включающих замену или ремонт применяемого оборудования, настила, верхнего строения пути, дорожного полотна, прочих необходимых работ.

Новые и переустраиваемые переезды, как правило, проектируют и устраивают на пересекающихся под прямым углом участках железнодорожных линий и автомобильных дорог. При невозможности выполнения данного условия острый угол пересечения железнодорожной линии и автомобильной дороги разрешается устанавливать не менее 60°. При реконструкции или капитальном ремонте автомобильных дорог следует предусматривать проектирование переустройства переездов, расположенных на пересечениях с острым углом менее 60°. Проектируемые новые, переустраиваемые или капитально ремонтируемые переезды не должны располагаться на расстоянии менее 20 м от стрелочных переводов или глухих пересечений путей. При этом переезды должны быть оборудованы необходимыми устройствами и системами, обеспечивающими безопасность движения железнодорожных транспортных средств и участников дорожного движения и улучшающими условия их пропуска.

Конструкции, системы и устройства переездов должны эксплуатироваться в исправном состоянии.

При эксплуатации переездов балансодержатели автомобильных дорог должны обеспечить безопасность дорожного движения на подходах к переезду до концов настила переезда, а балансодержатель переезда – безопасность движения в границах переезда путем его оборудования необходимыми устройствами, системами и содержанием конструкций и обустройством переездов в надлежащем состоянии.

На железнодорожных линиях общего пользования не допускается открывать вновь переезды:

- а) I, II и III категорий;
- б) на участках с установленными скоростями движения поездов свыше 120 км/ч;
- в) IV категории в следующих случаях:
  - пересечения трех и более главных путей;
  - пересечения путей в выемке и других местах с не обеспеченными условиями видимости.

В остальных случаях допускается открывать новые переезды IV категории, при условии, что иные варианты устройства пересечения с железной дорогой (в разных уровнях) экономически нецелесообразны и (или) технически сложны. Открытие новых переездов должно быть согласовано:

- с республиканским или уполномоченными областными управлениями ГАИ;
- балансодержателями автомобильных дорог, на которых устраивается переезд;
- другими заинтересованными органами.

На эксплуатируемых переездах открытие троллейбусного движения допускается при соответствующем обосновании с разрешения балансодержателя железной дороги и по согласованию с территориальными подразделениями ГАИ.

При сооружении в месте переезда вторых путей, а также при реконструкции автомобильной дороги с переводом ее в более высокую категорию, существующие переезды, как правило, следует закрывать, а пересечения устраивать в разных уровнях путем возведения путепроводов, тоннелей или предусматривать возможность организации движения транспортных средств по переезду, ближайшему от закрываемого переезда.

При проектировании автодорожных путепроводов на участках железной дороги, расположенных вне городов, переезды, расположенные на расстоянии от проектируемых путепроводов 5 км и менее, подлежат закрытию.

Инструкция по эксплуатации переезда должна отражать правила эксплуатации конкретного переезда в зависимости от его специфических особенностей и местных условий.



### 3.6.3 Требования к обустройству железнодорожных переездов

При проектировании новых, переустройстве или капитальном ремонте существующих переездов в общем случае следует предусматривать их следующее обустройство: настил проезжей части; пешеходный настил; технические средства ОДД; предупредительные сигнальные знаки «С»; переездная сигнализация; система электрического освещения; система видеонаблюдения или фотофиксации; прочие необходимые устройства и конструкции.

Настилы проезжей части переездов устраиваются с использованием конструктивных решений действующих типовых проектов и соблюдением требований нормативов [17, 18], а также по техническим условиям производителей в случае применения резиновых или полимерных изделий. Тип настила принимается в зависимости от категории переезда, категории автомобильной дороги и местоположения переезда. Настилы подразделяются [31]:

- на асфальтобетонные;
- цементобетонные;
- из сборного железобетона (рисунок 3.34, *а*);
- комбинированные, состоящие из верхнего асфальтобетонного слоя износа и нижнего цементобетонного или железобетонного настила с деревянными разделительными элементами;
- из резиновых (резинокордовых, резинобетонных) или полимерных плит (рисунок 3.34, *б*);
- из других материалов, удовлетворяющих транспортно-эксплуатационным требованиям, предъявляемым к переездам по обеспечению безопасности проезда транспортных средств.

*а)*



*б)*



Рисунок 3.34 – Настилы на железнодорожных переездах:  
*а* – из сборного железобетона; *б* – резинокордовый

Настил переездов проектируется с соблюдением следующих *требований* [31]:

– конструкция настила должна удовлетворять транспортно-эксплуатационным требованиям, предъявляемым к дороге соответствующей категории и верхнему строению железнодорожного пути;

– в продольном профиле настилы должны иметь нулевой уклон в случае положения головки рельсов на одном уровне или уклон, обусловленный положением головки рельсов в разных уровнях;

– поперечный профиль настила должен иметь односкатный или нулевой уклон, соответствующий профилю участка железнодорожного пути;

– с наружной стороны колеи настил должен быть устроен в одном уровне с верхом головки рельсов. Не допускается отклонение верха головки рельсов, расположенных в границах настила проезжей части, относительно верха настила (покрытия) более 20 мм;

– настил внутри колеи и в междупутье должен быть в одном уровне с верхом головки рельса.

Настил пешеходных дорожек на железнодорожных переездах, как правило, принимают таким же, как и на проезжей части автомобильной дороги. На время производства путевых работ на железной дороге может быть применен временный тип настила. Его конструкция должна обеспечивать безопасность пропуска поездов и транспортных средств через переезд. Значительная часть переездов в Республике Беларусь размещена вне населенных пунктов. Имеют место и пересечения с железнодорожными путями как дороги агропромышленного назначения (рисунок 3.35, *а*), так и автомобильные дороги IV и V категории (рисунок 3.35, *б*). На таких пересечениях устраиваются неохранные переезды. Для проезда по ним как при движении автомобильных, так и железнодорожных транспортных средств установлены пониженные скорости движения.

*а)*



*б)*



Рисунок 3.35 – Неохраняемые переезды на дорогах различного назначения:

*а* – сельскохозяйственные и лесные; *б* – местные

Установка технических средств ОДД перед переездом должна соответствовать проекту ОДД пересекаемой переезд автомобильной дороги,

балансодержателем дороги в соответствии с требованиями стандарта [10]. Проект по ОДД должен входить в состав проекта устройства переезда. В состав *технических средств ОДД* в зависимости от конкретных условий должны быть включены:

- а) дорожные знаки согласно стандарту [6];
- б) дорожная разметка согласно стандарту [8];
- в) дорожные (переездные) светофоры по стандарту [10], устанавливаемые на эксплуатируемых переездах при интенсивности движения:
  - до 16 поездов/сут включительно и транспортных средств свыше 3000 ед./сут;
  - свыше 16 до 100 поездов/сут включительно и транспортных средств свыше 1000 ед./сут;
  - свыше 100 до 200 поездов/сут включительно и транспортных средств свыше 200 ед./сут;
  - свыше 200 поездов/сут независимо от интенсивности движения транспортных средств;
  - независимо от интенсивности движения при установленных скоростях движения поездов свыше 120 км/ч;
  - независимо от интенсивности движения при неудовлетворительных условиях видимости;
  - независимо от интенсивности движения при наличии регулярного автобусного движения.
- г) дорожные удерживающие ограждения, устанавливаемые на автомобильных дорогах на подходах к переездам согласно стандарту [10];
- д) направляющие устройства (сигнальные столбики, сигнальные щитки и т. п.) по стандарту [15], устанавливаемые на автомобильных дорогах и улицах на подходах к переездам согласно нормативу [10].

Оснащение техническими средствами ОДД регулируемых переездов, расположенных на автомобильных дорогах с двумя полосами движения в обоих направлениях, следует выполнять в соответствии с Приложением А согласно кодексу [29]. Переездные светофоры должны устанавливаться на расстоянии не менее 6 м от крайнего рельса с правой стороны по направлению движения транспортных средств и размещаться на опорах на расстоянии не менее 0,75 м от края проезжей части дороги, а крайние точки корпуса светофоров – на расстоянии не менее 0,5 м. Высота установки от нижней точки корпуса светофора до поверхности проезжей части должна быть от 2,0 до 3,0 м. Дальность видимости красного мигающего сигнала светофоров в солнечный день должна составлять не менее 100 м на прямых участках дорог и 50 м – на кривых участках.

На подходах автомобильных дорог к переездам предусматривают дорожные удерживающие ограждения, если их необходимость подтверждена имеющимся уровнем сложности дорожных условий согласно стандарту [10]. При

необходимости на автомобильных дорогах перед переездами применяют металлические ограждения барьерного типа, канатные ограждения, бетонные или железобетонные парапетные ограждения или бортовой камень. Крайние точки ограждения должны находиться на расстоянии вне габаритов приближения подвижного состава. Пешеходные ограждения применяют при наличии на подходах к переезду пешеходной дорожки (тротуара), проходящей по насыпи высотой более 2,0 м.

Перед переездами в общем случае сооружают также и направляющие устройства, устраиваемые в соответствии со стандартом [10]: сигнальные столбики; сигнальные щитки; точечные световозвращающие элементы.

На подходах к переездам применяются постоянные предупредительные сигнальные знаки «С» утвержденного типа о подаче машинистами поездов сигнала.

Наружное электрическое освещение предусматривается на всех переездах I и II категорий, а также в следующих случаях на переездах III и IV категорий:

- интенсивность движения более 16 поездов/сут;
- интенсивность движения транспортных средств более 1000 ед./сут;
- установленная скорость движения поездов более 120 км/ч;
- регулярное автобусное движение;
- неудовлетворительные условия видимости.

На прочих переездах IV категории наружное электрическое освещение может быть предусмотрено при наличии продольных линий электроснабжения или других постоянных источников электроснабжения.

При проектировании систем электрического освещения на переезде с учетом реальных дорожных условий может предусматриваться возможность снижения до 50 % уровня освещенности, если движение железнодорожного транспорта отсутствует. Требуемый нормами уровень освещенности должен быть обеспечен в момент вступления поезда на участок приближения.

На переездах, оборудуемых автоматической переездной системой сигнализации, может быть предусмотрена система видеонаблюдения или фотофиксации. Регистрирующие устройства системы расположены на переезде так, чтобы ими четко фиксировались номерные знаки транспортных средств, движущихся через переезд при запрещающих сигналах переездных светофоров.

Переезды с дежурным работником должны быть оборудованы следующими устройствами и системами:

- переездными шлагбаумами с переездной сигнализацией;
- заградительной сигнализацией;
- зданием переездного поста с необходимым оборудованием;
- системой связи;
- прочими необходимыми устройствами.

Переезды с дежурным работником оборудуются автоматическими, полуавтоматическими переездными шлагбаумами или электрошлагбаумами, а также запасными ручными шлагбаумами, применяемыми в случае неисправности основных шлагбаумов. На переезде, как правило, должно быть два шлагбаума. Длина заградительных брусьев шлагбаумов, как правило, должна быть стандартная, равная 4, 6 или 8 м. Допускается применение брусьев нестандартной длины, если это необходимо по местным условиям. Заградительные брусья должны располагаться на высоте от 1 до 1,25 м от уровня проезжей части автомобильной дороги и перекрывать не менее половины ширины проезжей части автомобильной дороги с правой стороны по ходу движения транспортных средств. Проезжая часть встречного направления движения шлагбаумом не перекрывается.

Шлагбаумы устанавливаются перед переездами по обе стороны от него на расстоянии от крайнего рельса не менее 6, 8, 10 м при длине заградительного бруса соответственно 4, 6, 8 м, а при нестандартной длине бруса – на расстоянии, равном длине бруса плюс 2 м. На переездах необщего пользования, а также на переездах, расположенных на участках железнодорожных путей с интенсивностью движения до 16 поездов./сут и автомобильных дорог с интенсивностью движения транспортных средств до 200 ед./сут, допускается применение механизированных шлагбаумов. На переездах, расположенных на *малодейственных участках* подъездных или станционных путей допускается применение в качестве основных ручных шлагбаумов которые должны заменяться светофорной сигнализацией в порядке, устанавливаемом местным отделением Белорусской железной дороги.

На переездах с дежурным устраивается радиосвязь с машинистами поездных локомотивов, прямая телефонная связь с ближайшей станцией или постом, а на участках с диспетчерской централизацией – с поездным диспетчером. Также может быть устроена мобильная связь и специальная сетевая связь посредством компьютерного оборудования. Телефонная связь на переезде должна дополняться электрическим звонком или ревуном. В необходимых случаях переезды с дежурным оборудуются прожекторными установками для осмотра проходящих поездов. В зависимости от условий работы переезды могут быть также оборудованы специальными средствами сигнализации (проблесковым маячком и сиреной) для подачи сигналов при угрозе безопасности движения или при необходимости оказания помощи дежурному по переезду. Порядок оборудования и эксплуатации специальных средств сигнализации на переезде определяются руководством Белорусской железной дороги по согласованию с органами ГАИ.

---

## 4 ОЦЕНКА ОБЕСПЕЧЕННОСТИ БЕЗОПАСНОСТИ ДВИЖЕНИЯ НА АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГАХ

---

### 4.1 Методы прогнозирования аварийности

**П**редложения, связанные с безопасностью дорожного движения, обязательно должны быть оценены по вероятностным последствиям в первую очередь с точки зрения аварийности. Для этого необходимы такие методики прогнозирования, которые могли бы не только адекватно оценивать фактические характеристики дорожного движения, но и также любое их изменение, причем как на реально существующем объекте, так и на проектируемом. Однако даже на сегодняшний день при имеющемся высоком уровне развития компьютерных технологий, существующие методы прогнозирования аварийности не отвечают в полной мере всем предъявляемым к ним требованиям. Исходя из этого, в имеющихся методах высока роль субъективности, т. к. какой бы ни был метод, его анализом и оценкой занимается человек, поэтому, чтобы получить более-менее адекватные результаты, он должен обладать высоким уровнем знаний, опытом, а также в значительной мере и развитой интуицией.

Существуют четыре группы методов прогнозирования аварийности: статистическая, конфликтных ситуаций, потенциальной опасности и экспертная. Группы методов подразделяются на разновидности, а разновидности – на модификации (рисунок 4.1).

#### 4.1.1 Методы статистической группы

Методы статистической группы являются наиболее простыми и наиболее часто применимыми. Основное положение их таково: используется накопленный опыт изучения влияния разного рода мероприятий на уровень аварийности, затем на основании статистики аварийности за прошедший период производится прогноз. Данные методы довольно приблизительны и ограничены рядом обязательных условий. Некоторые из них не решены до сих пор, поэтому они применяются только лишь для предварительной оценки эффективности внедряемых мероприятий. Таковыми условиями являются [47, 53, 66]:

- обязательное наличие реального объекта ДС с историей аварийности за прошедший период;

- внедряемое мероприятие должно быть тщательно проработано и наилучшим образом соответствовать конкретным условиям (что само по себе является сложной оптимизационной задачей);

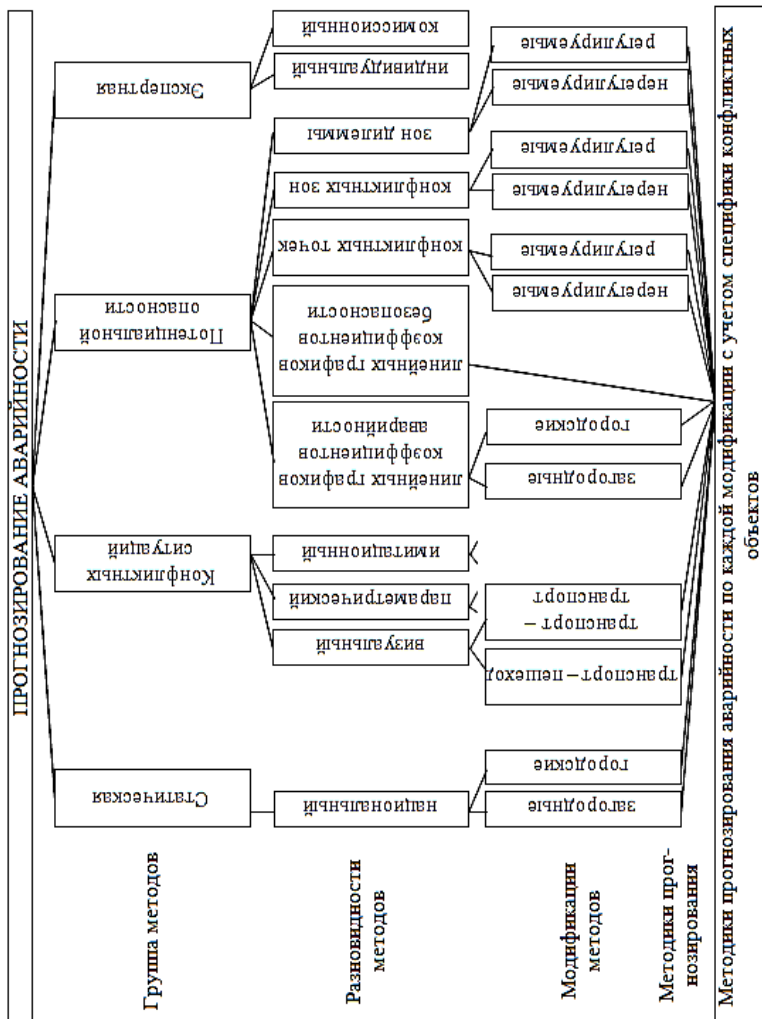


Рисунок 4.1 – Классификация методов прогнозирования аварийности [53]

– прогноз аварийности касается только тех ДТП, которые зависят от внедряемого мероприятия;

– необходимо введение поправок, которые бы учитывали изменения большого количества параметров дорожного движения (интенсивности, скорости, плотности, уровня загрузки движением и т. д.) за срок наблюдения до и после внедрения мероприятия.

В ряде случаев внедряемые мероприятия позволяют снизить ДТП одного вида, но увеличивают количество ДТП другого(их) вида(ов). Например, внедрение светофорного регулирования уменьшает количество межфазных столкновений<sup>1)</sup>, но существенно увеличивает количество столкновений с ударом сзади, а запрещение левого поворота на искомом перекрестке может вызвать увеличение количества ДТП в другом месте, т. к. поворотному потоку где-то необходимо будет предоставить эту возможность все равно.

Согласно данной группе методов прогнозируемое количество ДТП на объекте после внедрения одного мероприятия определяется по формуле [53]

$$P_a = n_a (1 - \Delta A) \eta_q \eta_t, \quad (4.1)$$

где  $n_a$  – среднегодовое количество ДТП до внедрения, ДТП/год;  $\Delta A$  – коэффициент снижения количества ДТП в долях единицы для каждого конкретного мероприятия. При этом снижение  $\Delta A$  касается только тех ДТП, которые непосредственно зависят от внедренного мероприятия;  $\eta_q$  – поправочный коэффициент, учитывающий возможное изменение интенсивности движения до ( $q_1$ ) и после ( $q_2$ ) внедрения мероприятия,

$$\eta_q = q_2 / q_1; \quad (4.2)$$

$q_1$  – интенсивность движения до внедрения мероприятия, авт./с;  $q_2$  – интенсивность движения после внедрения мероприятия, авт./с;  $\eta_t$  – поправочный коэффициент, учитывающий сроки исследования аварийности на объекте до и после внедрения мероприятия,

$$\eta_t = t_2 / t_1; \quad (4.3)$$

$t_1$  – срок исследования аварийности на объекте до внедрения мероприятия, ч;  $t_2$  – срок исследования аварийности на объекте после внедрения мероприятия, ч.

Если на объекте внедрены два или более мероприятия, то расчетное значение коэффициента снижения аварийности рассчитывается по формуле

---

<sup>1)</sup> Межфазные столкновения – столкновения при смене сигналов светофора определяются продолжительностью переходного периода.



$$\Delta A = 1 - (1 - \Delta A_1) (1 - \Delta A_2) \dots (1 - \Delta A_i), \quad (4.4)$$

где  $\Delta A_1, \Delta A_2, \Delta A_i$  – коэффициенты снижения аварийности для каждого мероприятия, внедренного на объекте.

Разными странами (США, Германией, Швецией и др.) накоплен немалый опыт в исследованиях влияния внедряемых мероприятий на аварийность, позволивший создать ряд национальных модификаций, заключающихся в определении коэффициента снижения количества ДТП в долях единицы для каждого конкретного мероприятия, в некоторых случаях заметно отличающихся между собой. В ранее проведенных исследованиях [47, 53] получены оценочные таблицы со статистическими данными по снижению аварийности в Республике Беларусь, Российской Федерации и странах Европы. Что касается протяженности зон влияния для отдельных элементов дороги, то она указана в источнике [53].

#### 4.1.2 Группа методов конфликтных ситуаций

Начальные разработки по данной группе методов были предложены К. Хайденом (Швеция). Методы данной группы основаны на существовании зависимости между количеством КФС<sup>1)</sup> и количеством ДТП: подсчитав за определенный отрезок времени количество КФС на конкретном объекте, можно определить количество вероятных ДТП. Таким образом, методы данной группы позволяют в течение короткого промежутка времени (несколько часов) выявить существующие недостатки, являющиеся причинами ДТП, и разработать соответствующие мероприятия по их устранению.

Определение количества КФС происходит при помощи натуральных наблюдений опытным специалистом (или группой специалистов) с целью выявления КФС, возникающих на объекте за некоторое время. В задачу наблюдателя входит одновременно и классификация наблюдаемых КФС. По степени опасности конфликтные ситуации делятся [47, 53]:

- на легкие, характеризующиеся опасным маневрированием и относительно умеренной вероятностью возникновения ДТП;
- средние, характеризующиеся очень опасным маневрированием и высокой вероятностью возникновения ДТП;
- тяжелые – ситуации, при которых имеется факт совершения легкого ДТП, не приведшего, однако, к существенным физическим повреждениям.

---

<sup>1)</sup> КФС – это ДТС, при которой в течение последующего времени – до 1 с – произойдет столкновение или иная коллизия, если хотя бы один из участников движения не предпримет экстренные уклончивые действия [47, 53].

Данная группа методов на сегодняшний день является одной из наиболее перспективных. В странах СНГ она только начинает развиваться. И хотя в США и странах Европы уже существует достаточно большая методологическая база, однако остается еще немало вопросов, к решению которых каждый исследователь подходит субъективно.

Применение методов данной группы вызывает следующие трудноразрешимые проблемы [66–68]:

- отсутствие единой методики по сбору данных о КФС (в исследованиях различных авторов отличаются продолжительность наблюдения, время начала и окончания наблюдения, его периодичность и т. д.);

- идентификация КФС в зависимости от их тяжести (в каждом конкретном исследовании выделяется различное количество групп КФС по степени тяжести);

- критерии для выделения каждой группы КФС в разных исследованиях различны;

- поскольку КФС, за исключением тяжелых, происходят без физических контактов между участниками движения и без видимого нарушения процесса движения, то само их визуальное обнаружение представляет определенную сложность (оценка КФС наблюдателем при визуальном методе исследования является достаточно субъективной);

- отсутствие общепринятой методики в определении величин коэффициентов приведения для разных групп КФС (например, приведения легких и средних КФС к тяжелой) и др.

Вопрос визуальной оценки КФС значительно упрощается при использовании видеоаппаратуры, заменяющей визуальное наблюдение экспертом. Такой подход дает возможность более детально рассмотреть каждую КФС и снизить уровень субъективности в данном вопросе. Однако, если вопрос визуального наблюдения решить достаточно просто, то остальные остаются пока нерешенными.

Основной формулой группы методов КФС является формула по определению прогнозируемого количества ДТП [53]:

$$P_a = \eta_{\text{кфс}} N_{\text{кфс}} \Phi_r, \quad (4.5)$$

где  $\eta_{\text{кфс}}$  – коэффициент приведения разных видов КФС к ДТП;  $N_{\text{кфс}}$  – среднечасовое количество КФС, КФС/ч;  $\Phi_r$  – годовой фонд времени работы объекта, ч/год.


В таблице 4.1 представлены значения коэффициентов приведения КФС к ДТП, полученные разными исследователями.

Группа методов КФС в зависимости от способа определения, учета и идентификации КФС имеет три разновидности: визуальный, параметрический и имитационный [53].

Таблица 4.1 – Значения коэффициентов приведения  $n_{кфс}$  [47, 53]

Объект	Вид конфликта	Особенность	$n_{кфс} \cdot 10^{-5}$	Источник
–	T-T	$v \leq 30$ км/ч	2,4	К. Хайден, Швеция
–	T-T	$v > 30$ км/ч	9,6	
–	T-П	$v_0 \leq 30$ км/ч	11,9	
–	T-П	$v_0 > 30$ км/ч	34,0	
–	T-T	$v > 30$ км/ч	53,3	Х. Людвигсен, Дания
–	T-T	–	60	Олдер, Спайсер, США
НПК	T-T		10,4	Х. Эрке, Германия
			20,8	
			19,2	
			16,2	
			12,7	
			7,1	
Улицы городов, перекрестки, дорога категории III, дорога категории I	T-T	–	10,0	В. Шештокас, Д. Самойлов, Литва (СССР)
			1...3	
			4,5	
			2,4	
–	T-T	$v \leq 30$ км/ч	2,2	Р. Кульмала, Финляндия
–	T-T	$v > 30$ км/ч	24,2	
–	T-П	$v_0 \leq 30$ км/ч	15,4	
–	T-П	$v_0 > 30$ км/ч	55,1	
РПК КПК НПХ НПХ Необозначенные ОП МПТ	T-T		5,8	Ю. Врубель, БНТУ, г. Минск, Республика Беларусь
	T-T		0,8	
	T-П		51,7	
	T-П		2	
	T-П		3	
Перекрестки	T-T		8	Р. Дж. Браун, ЮАР
			0,51	
			0,51	
			1,19	
			0,30	
			0,04	
			1,30	
			0,20	
0,07				
		0,70		

Окончание таблицы 4.1

Объект	Вид конфликта	Особенность	$n_{\text{кфс}} \cdot 10^{-5}$	Источник
–	Т-П	–	25	Д. Антонов, Т. Метсвахи, Эстония
РПК НПК	Т-Т	–	17,4 15,7	Амундсен, Ларсен, Норвегия
РПК	Т-П		0,41* 0,37*	Е. Кот, Республика Беларусь
РПК НПК РПК НПК	Т-Т	$v \leq 40$ км/ч $v \leq 40$ км/ч $v > 40$ км/ч $v > 40$ км/ч	27,6 19,6 28,5 26,9	Олдер, Шиппи, Великобритания (левостороннее движение)
<i>Примечание</i> – Указанные цифры зависимости относятся к приведенному количеству КФС и к приведенному количеству ДТП.				

*Визуальный метод* использует информацию наблюдения непосредственно специалистом или с использованием видеоаппаратуры за конфликтным взаимодействием транспортных и пешеходных потоков и выявлением КФС. *Параметрический метод* основывается на отнесении к определенной степени тяжести той или иной КФС в зависимости от критических замедлений или ускорений транспортных средств при конфликтном взаимодействии. *Имитационный метод* основан на математическом моделировании конфликтного взаимодействия транспортно-пешеходных потоков на объекте наблюдения.

Методы данной группы, как правило, применяются на вновь построенных объектах или объектах, подлежащих реконструкции с целью своевременной корректировки решений по планировке и организации дорожного движения.

#### 4.1.3 Группа методов потенциальной опасности

Под *потенциальной опасностью* понимается скрытая угроза (опасность), которая выражается в виде сложной функции, содержащей множество факторов и их комбинаций: интенсивность, плотность, скорость, параметры, характеризующие геометрию автомобильной дороги, условия движения и т. д. *Группа методов потенциальной опасности* не требует ни наличия статистики аварийности за какой-бы то ни было период, ни реального объекта, а делает прогноз ДТП по общей совокупности факторов, влияющих на уровень аварийности. Исследуемую совокупность факторов можно либо задать в определенной комбинации (например, если объект только проектируется), либо измерить на конкретном реальном объекте.

Группа методов потенциальной опасности включает методы коэффициентов аварийности; коэффициентов безопасности; конфликтных точек; замедлений; конфликтных участков; конфликтных зон.

Методы линейных графиков, включающие первые два из указанных, применяются в основном для прогнозирования аварийности на участках загородных дорог. Остальные методы используются для прогнозирования аварийности на объектах, где конфликтуют между собой транспортные потоки и транспортные и пешеходные потоки.

Впервые основные подходы данного метода начали применяться на автомобильных дорогах ФРГ. Одним из основоположников метода графиков коэффициентов аварийности и его продолжателем является профессор В. Ф. Бабков (Московский автодорожный институт). Сутью метода является следующее положение: исследуемая дорога разбивается на участки, для которых из специальных таблиц выбираются частные коэффициенты аварийности, характеризующие влияние на аварийность отдельных факторов – интенсивности движения, ширины проезжей части, состояния обочины и ее ширины, продольного уклона, радиуса кривых в плане, видимости в плане и в продольном профиле и т. д. Перемножив эти частные коэффициенты аварийности между собой, получают итоговый коэффициент, по величине которого и судят о вероятном количестве ДТП на исследуемом участке:

$$K_{\text{итог}} = \prod_{i=1}^n K_i, \quad (4.6)$$

где  $K_i$  – частный коэффициент аварийности,

$$K_i = \frac{Z_i}{Z_{\text{эт}}}, \quad (4.7)$$

$Z_i$  – количество ДТП, возникающих за счет  $i$ -го фактора в фактических условиях;  $Z_{\text{эт}}$  – количество ДТП, возникающих за счет  $i$ -го фактора в эталонных условиях;  $n$  – количество частных коэффициентов аварийности.

Применение данного метода позволяет решать следующие задачи:

- выявления на проектируемых или реконструируемых дорогах опасных участков;
- сравнительной оценки безопасности дорог или их отдельных участков;
- сравнительной оценки эффективности мероприятий по повышению безопасности движения.

Существует городская модификация данного метода, однако наименование и значения частных коэффициентов аварийности отличаются по сравнению с загородной модификацией (таблица 4.2). При определении частных коэффициентов, в случае отсутствия данных в таблицах их значения можно

интерполировать, а при проведении расчетов в учебных целях – брать ближайшие из приведенных значений.

Для визуального отображения ситуации по аварийности и выявления сложных участков дороги строят линейный график коэффициентов аварийности (рисунок 4.2). На него, как правило, наносят план дороги и продольный профиль с выделением на них элементов, оказывающих влияние на безопасность движения (кривых в плане, видимости, населенных пунктов, искусственных сооружений, пересечений с автомобильными и железными дорогами, интенсивности движения и др.).

Также на графике выделены строки для каждого из учитываемых частных коэффициентов аварийности. При построении графика дорогу анализируют по каждому из частных показателей, выделяя на ней участки с различными их значениями. При определении величины итогового коэффициента необходимо учесть размеры «зон влияния» каждого из учитываемых частных факторов (таблица 4.3).

Как видно из приведенной таблицы, величина данной зоны при этом имеет свое характерное значение для каждого из частных коэффициентов (например: зона влияния пересечения в одном уровне составляет по 100 м в каждую сторону; зона влияния числа полос – в пределах участка с одинаковым числом полос; расстояние видимости – 350 м в продольном профиле для всей дороги и т. п.). Затем, перемножив все частные коэффициенты для однородного участка, получаем *итоговый коэффициент аварийности*. В нижней части графика располагают эпюру итоговых коэффициентов аварийности и отмечают точки, в которых произошли ДТП. Таким образом, получают *линейный график коэффициентов аварийности* для всей дороги, на котором видны точки фактических ДТП и участки с повышенной величиной итогового коэффициента.

При реконструкции дорог в условиях равнинного и холмистого рельефа рекомендуется предусматривать перестройку участков с итоговым коэффициентом аварийности более 25–40 в зависимости от местных условий. При проектировании новых дорог целесообразно перепроектировать участки, для которых итоговый коэффициент аварийности превышает 15–20.

Метод коэффициентов аварийности имеет ряд недостатков [47, 53, 66–68]:

- влияние на аварийность множества факторов является чрезвычайно сложным и взаимозависанным, однако оно учитывается простым перемножением коэффициентов аварийности, что тем самым предполагает независимость исследуемых факторов друг от друга;

- в используемых моделях, датируемых разными странами и разными исследователями, перечень частных коэффициентов аварийности различен и не является исчерпывающим;

Таблица 4.2 – Значения частных коэффициентов аварийности для загородных дорог [53]

1	Интенсивность движения, тыс. авт./сут	0,5	1,0	2,0	3,0	5,0	7,0	9,0	11,0	13,0	15,0	20,0
	$K_1$	0,4	0,5	0,6	0,75	1,0	1,3	1,7	1,8	1,5	1,5	0,6
(для дорог с разделительной полосой указана интенсивность движения в одном направлении)												
2	Ширина проезжей части, м											
	$K_2$ при укреплённой обочине	4,5	5,5	6,0	7,5	9,0	9,0	10,5	11,0	13,0	15,0	20,0
3	$K_3$ при неукреплённой обочине	2,2	1,5	1,35	1,0	0,8	0,8	0,7	0,9	1,5	1,5	1,0
	Ширина обочины, м	4,0	2,75	2,5	2,0	1,5	1,0	0,9	1,0	1,5	2,0	2,5
4	Продольный уклон, %	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,0	3,0	1,2	1,1	1,0
	$K_4$	2,2	1,7	1,4	1,2	1,1	1,1	1,0	1,0	1,2	1,1	1,0
5	Радиус кривых в плане, м	1,0	1,0	1,25	2,5	2,8	3,0	3,0	3,0	5,0	7,0	8,0
	$K_5$	50	100	150	250	250	2,8	3,0	1,0	1,25	2,5	2,8
6	Расстояние видимости, м	50	100	150	200	250	300	300	300	800	1500	2000
	$K_6$ в плане	10,0	5,4	4,0	2,25	1,6	1,4	1,25	1,0	1,6	1,4	1,25
7	Ширина проезжей части моста по отношению к проезжей части дороги, м	50	100	150	200	250	300	300	300	350	400	500
	$K_7$	3,6	3,0	2,7	2,25	2,0	1,45	1,2	1,0	2,0	1,45	1,2
8	Длина прямых участков, м	5,0	4,0	3,4	2,50	2,4	2,0	1,4	1,0	2,4	2,0	1,4
	$K_8$	Меньше на 1 м	Больше на 1 м	Больше на 2 м	Больше на 1 м	Больше на 2 м	Больше на 1 м	Больше на 2 м	Больше на 1 м	Больше на 2 м	Больше на 1 м	Больше на 2 м
9	Тип перекрестка											
	$K_9$	В разных уровнях	Круговой перекресток	В одном уровне при $Q_2 / Q_1$								
		0,35	0,7	0,15	0,1	0,15	0,2	0,2	0,1	0,15	0,15	0,2
				1,5	1,5	3,0	3,0	4,0	1,5	1,5	3,0	4,0

10	Перекрестки в одном уровне при $Q_{\text{сум}}$ по главной дороге, авт./сут.		1600	2500	4000	5000
	$K_{10}$		1,5	2,0	3,0	4,0
11	Видимость перекрестка с примыкающей дороги, м		60	35	25	Менее 20
	$K_{11}$		1,0	1,65	2,5	10,0
	Число полос движения на проезжей части	2 3	3	4	4	4
12		Без разметки	С разметкой	Без раздельной полосы	С раздельной полосой	
	$K_{12}$	1,0 1,5	0,9	0,8	0,65	
	Расстояние от застройки до проезжей части, м	15 – 20		5 – 10	Менее 5	Менее 5
13		Имеются полосы местного движения		Именуются тротуары	С тротуарами	
	$K_{13}$	2,5	Менее 0,5	5,0	7,5	10,0
14	Длина населенного пункта, км		1	2	3	6
	$K_{14}$		1,2	1,7	2,2	3,0
15	Длина участков на подходах к населенному пункту, км		Менее 0,2	0,2 – 0,6	0,6 – 1,0	
	$K_{15}$		2,0	1,5	1,2	
16	Характеристика покрытия	Скользкое, грязное		Скользкое	Чистое сухое	Очень шероховатое
	Коэффициент сцепления	0,2 – 0,3		0,4	0,6	0,75
	$K_{16}$	2,5		2,0	1,3	0,75
17	Ширина раздельной полосы, м	1	2	3	5	15
	$K_{17}$		2,5	2,0	1,0	0,4
<p><i>Примечание</i> – Влияние скорости движения учитывалось только на участках повышенной аварийности: пересечениях и примыканиях, в зонах остановочных пунктов, на участках прилегающих малых радиусов в плане и в местах скопления пешеходов, а также в зонах наземных пешеходных переходов. В таблице указана скорость 85%-й обеспеченности, как максимально допустимая на рассматриваемом участке дороги.</p>						



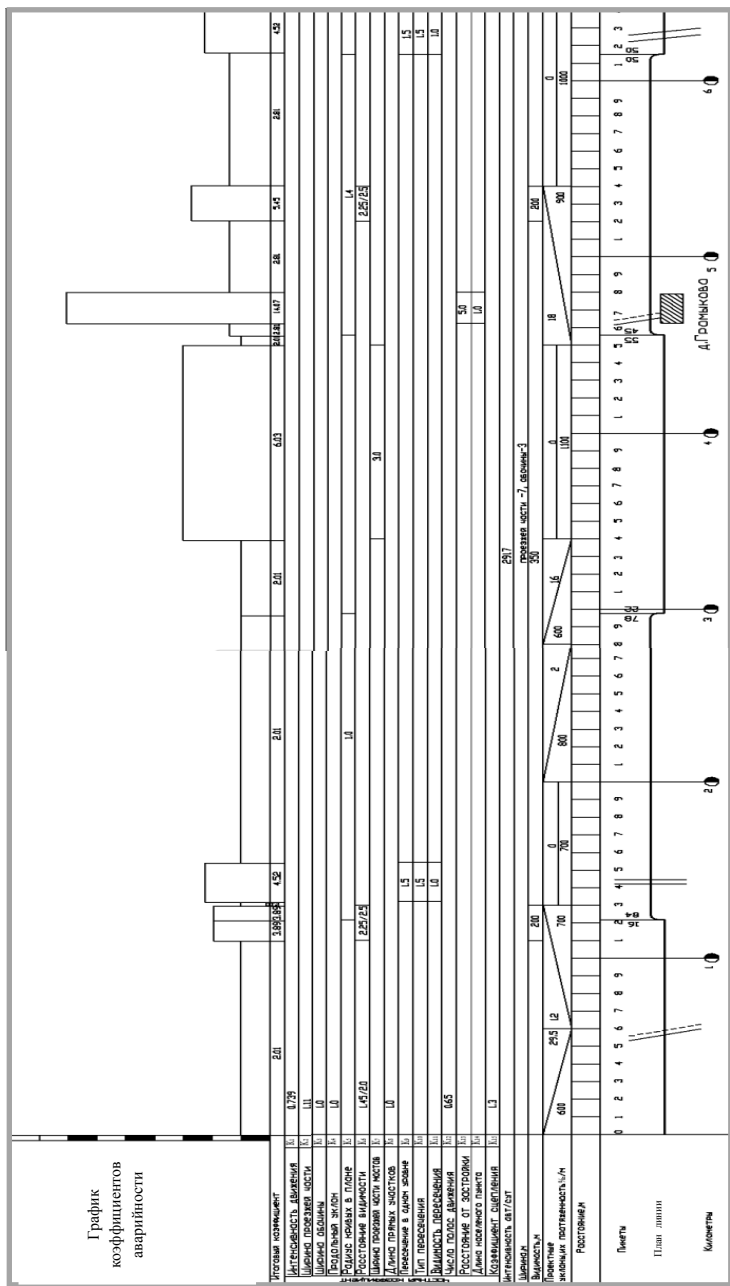


Рисунок 4.2 – Фрагмент линейного графика коэффициентов аварийности

– перечень частных коэффициентов аварийности во многом зависит от частоты поступления и полноты статистической информации, которая зачастую не является полной и достоверной;

– данный метод не учитывает ряд важных факторов: наличие или отсутствие островков безопасности, конструкционные и организационные изменения остановочных пунктов и участков дорог, изменения в организации движения и т. д.;

– отсутствие явной зависимости между количеством ДТП и итоговым коэффициентом аварийности, в частности для РПК (или любого другого объекта) и др.

Таблица 4.3 – Зоны влияния частных коэффициентов аварийности [53, 56]

Частный коэффициент	Наименование фактора	Зона влияния
$K_1$	Интенсивность движения	В пределах каждого километра
$K_2$	Ширина проезжей части	
$K_3$	Ширина обочины	
$K_4$	Продольный уклон	В пределах участка с уклоном 2 ‰ или более
$K_5$	Радиус кривых в плане	В пределах кривой в плане
$K_6$	Расстояние видимости	Принимается равным 350 м в продольном профиле для всей дороги
$K_7$	Ширина моста по сравнению с шириной проезжей части дороги	По 50 м в каждую сторону от середины моста
$K_8$	Длина прямых участков	На всей дороге
$K_9$	Пересечение в одном уровне с учетом интенсивности на второстепенной дороге	В зоне влияния перекрестка (по 100 м в каждую сторону от перекрестка)
$K_{10}$	Тип пересечения	
$K_{11}$	Видимость пересечения	
$K_{12}$	Число полос движения на проезжей части	В пределах участков с одинаковым числом полос
$K_{13}$	Расстояние от застройки	В пределах населенного пункта
$K_{14}$	Длина населенного пункта	
$K_{15}$	Коэффициент сцепления (состояние покрытия)	В пределах каждого километра

Данный метод позволяет лишь выявить опасные для движения участки и приблизительно оценить вероятность опасности, но не определить

количественную оценку аварийности. Тем не менее, метод коэффициентов аварийности является достаточно действенным и очень наглядным средством для сравнительной оценки различных вариантов автомобильной дороги.

Метод коэффициентов безопасности заключается в построении эпюры возможных скоростей движения, развиваемых на исследуемом участке. Данный метод основан на следующем принципе: в местах перепада скоростей от большей к меньшей возникает опасность.

**Метод коэффициентов безопасности**

при этом, чем больше перепад, тем больше опасность. Суть принципа состоит в том, что в местах перепада скоростей уже изменившимся условиям не соответствуют еще не изменившиеся скорости. По данной величине перепада скоростей и прогнозируют аварийность на участке. Отношение расчетной скорости движения на данном участке к расчетной скорости предыдущего участка получило название коэффициента безопасности:

$$K_6 = \frac{v_i}{v_{i-1}}, \quad (4.8)$$

где  $v_i$  – скорость движения расчетного автомобиля на исследуемом участке, км/ч;  $v_{i-1}$  – скорость движения на предыдущем участке, км/ч.

Суть метода также подтверждается и тем, что скорость движения изменяется, как правило, плавно, а условия движения – быстро, ступенчато. Данный метод дает удовлетворительные результаты при малых значениях интенсивности движения, т. к. при ее росте появляются пачки автомобилей, и скорость движения в значительной мере уже будет определяться «поведением» лидирующего автомобиля, а не дорожными условиями, в связи с чем использование метода коэффициентов безопасности является неприемлемым в городских условиях. Существует следующая классификация оценки степени опасности участков [47, 53, 62]:

– при скоростях 85%-й обеспеченности: безопасных –  $K_6 > 0,80$ ; малоопасных –  $0,60 < K_6 < 0,80$ ; опасных –  $0,40 < K_6 < 0,60$ ; очень опасных –  $K_6 < 0,40$ ;

– при скоростях 50%-й обеспеченности: безопасных –  $K_6 > 0,85$ ; малоопасных –  $0,70 < K_6 < 0,85$ ; опасных –  $0,6 < K_6 < 0,70$ ; очень опасных –  $K_6 < 0,60$ .

Линейный график коэффициентов безопасности включает следующие элементы: план трассы с ситуацией, продольный профиль, кривую изменения скорости движения и кривую изменения коэффициента безопасности с нанесенными точками, характеризующими опасные места автомобильной дороги (рисунок 4.3).

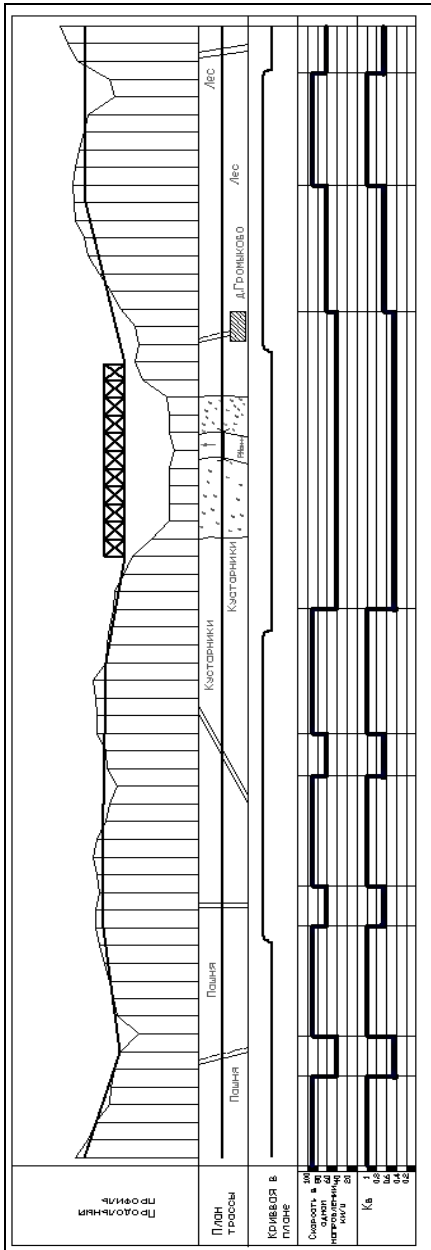


Рисунок 4.3 – Фрагмент линейного графика коэффициентов безопасности (точками обозначены опасные места или места перепада скоростей)

Метод линейных графиков коэффициентов безопасности обладает рядом существенных недостатков [40, 42, 47, 53, 66]:

- проблема выбора «расчетного» автомобиля, для которого определяются скорости движения (т. е. какой бы автомобиль ни был взят в качестве «расчетного», определенная степень опасности будет касаться только лишь автомобилей того же класса, типа, модели, степени загруженности и т. п.);

- при определении предельных скоростей не принимаются во внимание локальные ограничения скорости посредством требований ПДД (отсутствует возможность учета недисциплинированности, неопытности водителей и т. п.);

- данная методика не учитывает особенности психофизиологического восприятия водителем дорожных условий и участки постепенного снижения скорости движения (т. е. те, которые необходимы для безопасного въезда на пересечения, мосты, кривые малого радиуса и т. п.);

- неудовлетворительно проработан вопрос чувствительности методики к темпам снижения скорости (т. е. величина коэффициента имеет одинаковое значение для случаев с разной величиной замедления) и др.

Метод коэффициентов безопасности самостоятельно не применяется при оценке оптимальности проектных решений, а используется совместно с методом коэффициентов аварийности. Как правило, опасные места на графике коэффициентов аварийности совпадают с точками максимальной величины коэффициентов аварийности, что подтверждает эффективность данных методик в купе.

**Метод конфликтных точек** был предложен в 1955 г. Г. Раппопортом (ФРГ). Данный метод применяется для прогнозирования аварийности на маневровых участках и пересечениях, т. е. на участках взаимодействия ТП.

**Метод конфликтных точек** Согласно методике точка, в которой пересекаются траектории движения конфликтующих участников, называется конфликтной. Метод конфликтных точек заключается в оценке уровня опасности для каждой из них с последующим их суммированием [47, 53, 81]. Существует несколько методик реализации данного метода. Наиболее простая из них заключается в подсчете количества конфликтных точек – чем меньше это число, тем безопаснее исследуемый участок (объект). Таким образом, на трехстороннем пересечении таких точек 9, на четырехстороннем – 32 (при отсутствии каких-либо запрещений касательно поворотов).

Согласно модификациям метода конфликтные точки различаются между собой по степени опасности. В простейших случаях конфликтная точка «пересечение» имеет степень опасности 5 баллов, точка «слияние» – 3 балла, а точка «отклонение» – 1 балл [47, 53, 66].

На рисунке 4.4 представлены поля расположения конфликтных точек на четырехстороннем и трехстороннем перекрестках.

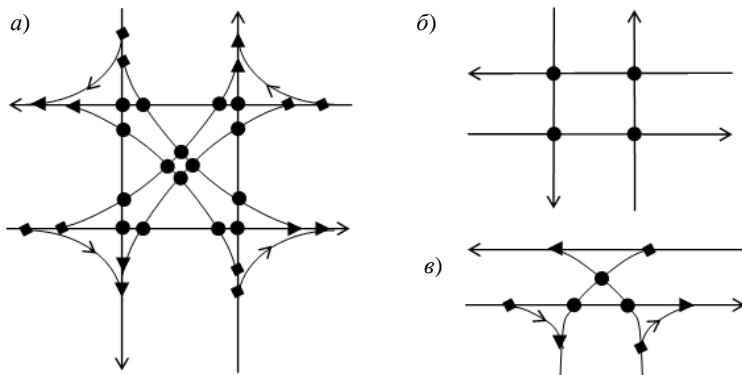


Рисунок 4.4 – Конфликтные точки на перекрестках [53]:

*a* – четырехсторонний с разрешенными левыми и правыми поворотами;

*б* – четырехсторонний с запрещенными поворотами; *в* – трехсторонний;

◆ – отклонение; ▲ – слияние; ● – пересечение

Таким образом, в зависимости от набранной суммы баллов перекрестки классифицируются на несколько категорий согласно величине опасности  $m_n$  [47]: простой –  $m_n < 40$ ; средней сложности –  $40 < m_n < 80$ ; сложный –  $80 < m_n < 150$ ; очень сложный –  $m_n > 150$ .

Опасность перекрестка

$$m_n = \sum (n_i \delta_i), \quad (4.9)$$

где  $n_i$  – количество конфликтных точек данного вида;  $\delta_i$  – степень опасности данного вида, баллов.

Согласно упомянутой балльной системе стандартный четырехсторонний перекресток с двумя полосами на каждом входе оценивается как сложный ( $m = 112$  баллов), а трехсторонний Т-образный с двумя полосами на каждом входе – как простой ( $m = 27$  баллов).

В таблице 4.4 приведены данные по степени опасности, предложенные Г. Раппопортом.

Дальнейшая модификация метода связана с введением в каждую конфликтную точку величины интенсивности движения конфликтующих потоков. В результате опасность перекрестка с учетом интенсивности стала рассчитываться как [53]

$$m_n = \mu \sum_1^i [\delta_i (Q_{1i} + Q_{2i})], \quad (4.10)$$

где  $\mu$  – коэффициент пропорциональности, приводящий значение опасности к удобной для восприятия величине от 1 до 1000, величина которого зависит от размерности интенсивности движения;  $Q_{1i}$ ,  $Q_{2i}$  – интенсивности движения конфликтующих потоков в данной конфликтной точке, авт./сут.

Таблица 4.4 – Степень опасности конфликтных точек (по Г. Раппопрту [81])

Наименование конфликтной точки	Степень опасности	
	тесное <sup>1)</sup> поле расположения точек	рассредоточенное поле расположения точек
Отклонение	1	2
Слияние	2	4
Пересечение под углом, град.:	–	–
30	3	6
60	4	8
90	6	12
120	7	14
150	9	18
Встречное движение	10	20

Последующее совершенствование расчета опасности объекта сводится к использованию отношения произведения интенсивностей движения конфликтующих потоков к их сумме [58]:

$$m_n = \frac{\sum_1^i (\delta_i Q_{1i} Q_{2i})}{Q_{1r} + Q_{2r}}, \quad (4.11)$$

где  $\delta_i$  – относительная аварийность в данной конфликтной точке (таблица 4.5);  $Q_{1r}$ ,  $Q_{2r}$  – годовая интенсивность движения конфликтующих потоков на входах в перекресток, авт./год.

Согласно последней модификации метода конфликтных точек перекрестки в зависимости от показателя опасности делятся на следующие категории: неопасные –  $m_n < 3$ ; малоопасные –  $3 < m_n < 8$ ; опасные –  $8 < m_n < 12$ ; очень опасные –  $m_n > 12$ .

<sup>1)</sup> Поле расположения конфликтных точек, не разделенных островками или расположенных ближе 15 м друг от друга, называются «тесными». В остальных случаях поле расположения конфликтных точек считается рассредоточенным, а их опасность в два раза выше, чем при тесном поле расположения. Это объясняется тем, что конфликтующие участники при тесном расположении более внимательны и сконцентрированы на ДТС [81].

Таблица 4.5 – Значения коэффициента относительной аварийности для перекрестков [58]

Условия движения	Направление движения	Особенности перекрестка	Значение $\delta_i \cdot 10^{-2}$ для перекрестков	
			необорудованных	канализированных
Слияние	Справа	$R < 15$ м $R \geq 15$ м	2,5 0,4	2,0 0,2
	Слева	$R < 10$ м $10 < R < 25$ м	3,2 0,25	2,0 0,17
Пересечение	Пересекающиеся	$\alpha \leq 30^0$	0,8	0,4
		$50^0 \leq \alpha < 75^0$	0,36	0,18
		$90^0 \leq \alpha < 120^0$	1,2	0,6
		$150^0 \leq \alpha < 180^0$	3,5	1,75
Отклонение	Вправо	$R < 15$ м $R \geq 15$ м	2,0 0,6	2,0 0,6
	Влево	$R < 10$ м $10 < R < 25$ м	3,0 0,4	3,0 0,25
Повороты	Взаимное отклонение	–	0,15	0,10
	Пересечение левоповоротных потоков	–	0,20	0,05
	Слияние правоповоротных потоков	–	0,25	0,12

Существуют и другие модификации метода прогнозирования по конфликтным точкам, в частности профессора В. Ф. Бабкова [40] и др., однако все они могут быть использованы только лишь для сравнительной оценки вариантов участков ДС и перекрестков, но никак для количественного прогнозирования аварийности. Кроме того, для таких объектов, как регулируемые перекрестки и пешеходные переходы, этот метод требует существенных доработок. Несмотря на появление различных модификаций метода конфликтных точек самой распространенной остается оценка опасности по суммарному числу конфликтных точек.

Этот метод позволяет прогнозировать столкновения с ударом сзади на линейных и конфликтных объектах исходя из набора факторов, влияющих на аварийность, – скорости, плотности, условий движения, времени оповещения о смене ДТС и др.

Ю. А. Врубелем (Белорусский национальный технический университет, г. Минск) разработана методика прогнозирования столкновений с



ударом сзади на регулируемых объектах [48]. Сущность этой методики заключается в определении параметров так называемой зоны дилеммы, где водители с равной вероятностью могут принимать взаимоисключающие решения – тормозить или ускориться. Зная протяженность зоны дилеммы, ее расположение относительно возникшего препятствия, количество находящихся в ней транспортных средств, их скорость и условия движения, можно определить вероятное количество ДТП данного вида. На регулируемых объектах вероятность столкновений с ударом сзади в значительной мере зависит от параметров светофорного регулирования, в первую очередь, времени оповещения водителей о предстоящей смене сигналов светофора, величины переходного интервала и др.

Прогнозирование количества столкновений с ударом сзади в соответствии с данным методом определяется по структурной формуле, аналогичной методу конфликтных участков с последующим совершенствованием его Д. В. Капским (Белорусский национальный технический университет, г. Минск) и трансформацией в метод конфликтных зон [53, 54, 66–68].

Данный метод является развитием методического обеспечения прогнозирования аварийности по методам конфликтных точек и линейных графиков коэффициентов аварийности. Следовательно, этот метод основывается на совокупности принципов перечисленных методов: как и в первом методе, потенциальная опасность подсчитывается для каждой конфликтной точки отдельно, а затем суммируется в пределах исследуемого участка; как и во втором – итоговая величина потенциальной опасности вычисляется как произведение коэффициентов, каждый из которых учитывает влияние отдельной группы факторов.

Работа по совершенствованию данного метода проводилась Ю. А. Врубелем (Белорусский национальный технический университет, г. Минск). Метод конфликтных участков позволяет прогнозировать аварийность на участках конфликтного взаимодействия транспортных или транспортных и пешеходных потоков. Как правило, в одной конфликтной точке рассчитывается потенциальная опасность только одного вида конфликта. Структурная формула для определения потенциальной опасности в конкретной конфликтной точке имеет вид произведения шести коэффициентов, представляющих собой влияние на аварийность независимых групп факторов [48]:

$$P_o = K_{он} K_T K_v K_p K_n K_y, \quad (4.12)$$

где  $K_{он}$  – коэффициент начальной вероятности конфликта, характеризующий вероятность одновременного появления двух конфликтующих участников в конфликтной зоне<sup>1)</sup>;  $K_T$  – коэффициент вида конфликта, характеризующий габаритные особенности, присущие данному виду конфликта;  $K_v$  – коэффициент скоростей, характеризующий влияние скоростей движения конфликтующих участников на вероятность возникновения КФС и перерастания ее в ДТП;  $K_p$  – коэффициент плотности, характеризующий влияние интенсивности движения и плотности на вероятность возникновения КФС и перерастания ее в ДТП;  $K_n$  – коэффициент нарушений, характеризующий вероятность возникновения КФС и перерастания ее в ДТП при грубых нарушениях конфликтующими участниками ПДД;  $K_y$  – коэффициент условий, характеризующий условия, в которых происходит конфликтное движение.

Внутри каждой группы все составляющие ее факторы связаны аналитическими зависимостями различной сложности.

Таким образом, вероятное количество ДТП на объекте  $P_a$  определяется суммой вероятного количества ДТП в конфликтных точках этого объекта, рассчитываемых для каждого вида конфликта и режима движения [48]:

$$P_a = \sum_{i=1}^m (P_{oi} \eta_{poi}), \quad (4.13)$$

где  $m$  – количество конфликтных точек;  $P_{oi}$  – потенциальная опасность в данной конфликтной точке, ед.;  $\eta_{poi}$  – коэффициент приведения потенциальной опасности к ДТП, ДТП/ед.

Применение данной методики осложняется и рядом недостатков:

– вид структурной формулы для определения потенциальной опасности подразумевает, что все коэффициенты, включенные в эту формулу, оказывают одинаковое влияние на результат прогноза;

– очевидно, что все факторы внутри основных коэффициентов также должны быть ранжированы таким образом, чтобы их влияние было неодинаковым и, по возможности, близким к реальному;

---

<sup>1)</sup> Под *конфликтной зоной* понимается пространство вокруг конфликтной точки, одновременное нахождение в котором конфликтующих участников приводит к КФС. Данная зона ограничена эллипсом, полуоси которого равны расстоянию, преодолеваемому конфликтующими участниками за 1 с [48].

– исследователь должен самостоятельно изменять значения параметров некоторых факторов внутри основных коэффициентов в заданных пределах при изменении условий, что, особенно при отсутствии опыта, негативно сказывается на точности получаемого результата и соответствии его реальным условиям и др.

Вследствие этого метод конфликтных участков имеет недостаточную точность прогноза и нуждается в совершенствовании путем уточнения расчетных зависимостей и введения в расчетную модель новых факторов, влияющих на аварийность.

Работа по его совершенствованию активно ведется в Республике Беларусь и привела к созданию метода конфликтных зон, положения которого были разработаны в Белорусском национальном техническом университете [53, 54].

**Методики** прогнозирования аварийности при помощи *метода конфликтных зон* обладают относительно высокой точностью (более чем в 5 раз выше по сравнению с базовым методом конфликтных участков) и позволяют прогнозировать аварийность в очагах как на уже существующих объектах, так и еще на стадии принятия решения при проектировании и реконструкции объектов. Под конфликтной зоной понимается неразрывная группа компактно расположенных и взаимодействующих между собой пространственных конфликтных точек, границы которых соприкасаются или пересекаются. Пространственная конфликтная точка – это ограниченное пространство на проезжей части вокруг геометрической конфликтной точки, одновременный проезд через которое двух конфликтующих участников невозможен [53].

Структурная формула определения потенциальной опасности в конфликтной точке в соответствии с рассматриваемым методом имеет вид [53, 54]

$$P_o = K_{\text{он}}^{a_1} K_v^{a_2} K_B^{a_3} K_p^{a_4} K_H^{a_5} K_y^{a_6} K_t, \quad (4.14)$$

где  $K_{\text{он}}$ ,  $K_v$ ,  $K_B$ ,  $K_p$ ,  $K_H$ ,  $K_y$  – см. «Метод конфликтных участков»;  $K_t$  – коэффициент времени, характеризующий продолжительность работы перекрестка в данном режиме движения;  $a_1 - a_6$  – показатели степени ранжирования, позволяющие компенсировать те неточности, которые заложены в принятых зависимостях определения каждого коэффициента структурной формулы, представляющего отдельную группу факторов.

Затем потенциальная опасность конфликтных точек нелинейно суммируется в пределах конфликтной зоны с учетом порога чувствительности:

$$P_{\text{оз}} = \left[ \sum_1^k (P_o - P_{o0}) \right]^n, \quad (4.15)$$

где  $k$  – количество конфликтных точек в конфликтной зоне;  $P_{o0}$  – порог чувствительности для каждого режима движения для объекта исследования, ед.;  $n$  – показатель степени.

Под порогом чувствительности понимается такая величина потенциальной опасности, при фактическом значении ниже которой она не вызывает ДТП. При этом конфликтные точки, потенциальная опасность которых меньше порога чувствительности, не должны суммироваться при определении потенциальной опасности конфликтной зоны, что повышает точность прогноза. Далее потенциальная опасность конфликтных зон ранжируется в зависимости от величины наиболее опасных конфликтных точек и расстояния между ближайшими конфликтными точками исследуемых конфликтных зон. Определяется вероятное количество приведенных (к ДТП с материальным ущербом) ДТП для каждой конфликтной зоны, которое затем для каждого конфликта суммируется в пределах всего объекта для каждого режима движения. Зная распределение ДТП по тяжести последствий для каждого вида конфликта и режима движения, можно определить для исследуемого объекта прогнозируемое количество ДТП по каждой степени тяжести последствий.

#### 4.1.4 Экспертная группа методов

*Экспертная группа методов* в своей основе базируется на интуитивно-логическом анализе поставленного перед экспертами конкретного вопроса или ситуации и заключается в вынесении каждым экспертом вероятностной количественной оценки и обработке полученных результатов. Таким образом получаемое обобщенное мнение экспертов принимается как решение проблемы. В связи с этим группа экспертов должна состояться из лиц, компетентных в сфере дорожного движения, т. е. имеющих соответствующий уровень образования, опыта, квалификации и практикующих в данной области.

Методы экспертного прогнозирования не требуют проведения детальных исследований на УДС, что можно отнести больше к их недостаткам, чем к достоинствам. Таким образом, они носят субъективный характер. Мнение привлекаемого к анализу эксперта должно быть беспристрастным и объективным по отношению к проблеме и его коллегам. Однако привлечение экспертов, соответствующих всем указанным требованиям, достаточно дорого и не оправдывает себя при использовании метода на конкретном конфликтном объекте (например, при прогнозировании какого-либо одного вида ДТП, а тем более на каком-либо одном конкретном объекте). Экспертное прогнозирование должно проводиться только в тех случаях, когда отсутствует объективная возможность получения данных для исследования другими группами методов. Поэтому на практике имеет смысл привлекать экспертов только для решения нетривиальных и масштабных задач.

Проблемы методов данной группы можно кратко сформулировать так [47, 53]:

– сложность организации экспертизы, а именно – отбора экспертов в необходимом количестве, вопросы проведения «качественного» опроса;

– сложность согласования полученных данных, их анализа и интерпретации;

– субъективность экспертов (т. к. практически каждый человек очень неохотно пересматривает свою точку зрения, даже если она неправильная);

– возможное влияние на результат выбранной формы проведения экспертного опроса, например при открытом опросе;

– выполнение прогноза в условиях недостатка информации, т. к. проведения детальных исследований на УДС не требуется;

– высокая стоимость проведения такого опроса, т. к. высока как плата труда самих экспертов, так и расходов на организацию и проведение всего мероприятия и др.

Основным недостатком данной группы методов является нехватка в Республике Беларусь экспертов – специалистов, прошедших профессиональную подготовку и практикующих в области безопасности дорожного движения длительное время.

Процесс построения прогноза состоит из двух этапов: формирование направления проведения исследований (целей, решений, альтернативных ситуаций и т. п.); измерение характеристик каждой ситуации (вероятностей наступления событий, коэффициентов значимостей и т. п.). Первый этап осуществляется экспертами на основе логического мышления и интуиции. При этом большую роль играют знания и опыт эксперта. Второй этап требует от экспертов знания теории производимых измерений.

Следовательно, процедуру экспертного прогнозирования можно условно разделить на ряд этапов [53]:

– формирование проблемной ситуации и определение целей прогнозирования;

– формирование основных направлений прогноза;

– разработка методики опроса (подготовка анкет, выбор процедуры опроса экспертов и способа назначения оценок, определение места, времени, процедуры проведения опроса, порядок фиксации и сбора результатов опроса и т. д.);

– формирование группы экспертов, их подготовка к работе, оценка компетентности и оптимальной численности;

– экспертное прогнозирование, в том числе и тяжести последствий;

– обработка и анализ результатов прогнозирования.

## 4.2 Определение видимости в направлении движения, в конфликтах Т-Т и Т-П и на кривых в плане

### 4.2.1 Видимость в плане, в продольном профиле и боковая

Расстояние видимости относится к числу важнейших показателей технического уровня автомобильных дорог, учитываемых в нормах их проектирования и эксплуатации. Движение по участкам автомобильных дорог с ограниченной видимостью сопровождается возникновением в работе водителя ситуаций дефицита времени при восприятии дорожных условий, что негативно отражается на основных показателях его надежности и своевременности. Анализ статистики аварийности показывает, что основными причинами ДТП на таких участках дорог являются ошибки водителей в выборе безопасной скорости движения, прогнозировании ситуации при обгонах, а на многополосных дорогах – неправильный выбор дистанции до попутных автомобилей при перестроении и снижении средней скорости движения ТП, несоблюдение очередности движения на примыканиях второстепенных дорог в одном уровне закрытой видимостью (таблица 4.6).

Таблица 4.6 – Распределение ДТП на участках дорог с ограниченной видимостью по причинам [64]

Основная причина ДТП	Доля ДТП (в % от общего количества) на участках с ограниченной видимостью на автомобильных дорогах различного типа		
	двухполосных	многополосных без разделительной полосы	многополосных с разделительной полосой
Превышение скорости движения	35,2	47,8	32,7
Выезд на полосу встречного движения	19,6	9,1	–
Несоблюдение очередности движения	4,0	6,5	8,4
Неправильный выбор дистанции	4,2	7,8	20,2
Нарушение правил обгона	5,2	–	–
Нарушение правил перестроения	0,6	3,3	11,3
<i>Примечание</i> – Табличные значения относятся к участкам дорог с расстоянием видимости менее 500 м.			

Большинство исследований по оценке влияния расстояния видимости на аварийность относится к расстоянию видимости, которое необходимо водителю для своевременной остановки перед препятствием на полосе движения или его безопасного объезда – *расстояние видимости в плане*.

Результаты исследований показали, что начиная примерно с расстояния видимости 500–600 м, риск ДТП несколько увеличивается, а при расстоянии видимости 100–150 м наблюдается его резкое увеличение. Приведенные величины критических значений расстояний видимости, как правило, находят свое подтверждение и в исследованиях западных стран, в некоторых случаях с незначительными отклонениями.

В соответствии с исследованиями, проведенными ФГУП «РОСДОРНИИ» в общей сложности были выполнены расчеты показателя риска ДТП на 7200 участках двухполосных и 350 участках многополосных дорог, имеющих различные ограничения расстояния видимости в плане. Статистической обработкой результатов расчетов установлены зависимости, представленные на рисунках 4.5 и 4.6 [72].

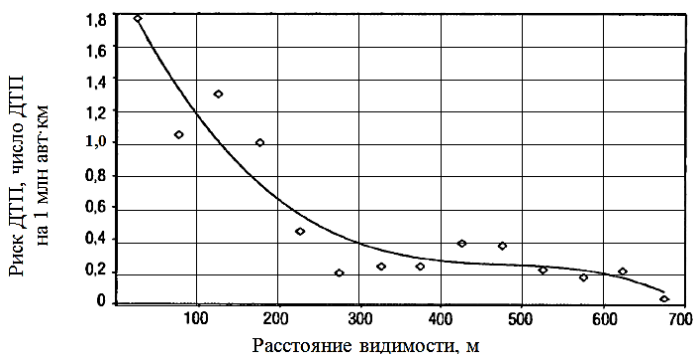


Рисунок 4.5 – Зависимость показателя риска ДТП от расстояния видимости в плане на двухполосных автомобильных дорогах [64]

Показательной с точки зрения увеличения риска ДТП является и зависимость относительного его изменения от расстояния видимости в плане (таблица 4.7).

В качестве отличительной особенности характера зависимости риска ДТП от расстояния видимости в плане на двухполосных и многополосных дорогах следует отметить, что в последнем случае ввиду более высоких скоростей движения существенный рост риска ДТП проявляется при расстоянии видимости менее 300–350 м и в более явном виде для многополосных дорог с разделительной полосой в связи с еще более высокими наблюдаемыми скоростями движения. В целом результаты этого анализа подтверждают возросшие требования к минимальным значениям расстояния видимости в плане в условиях все более возрастающих скоростей движения современного ТП.

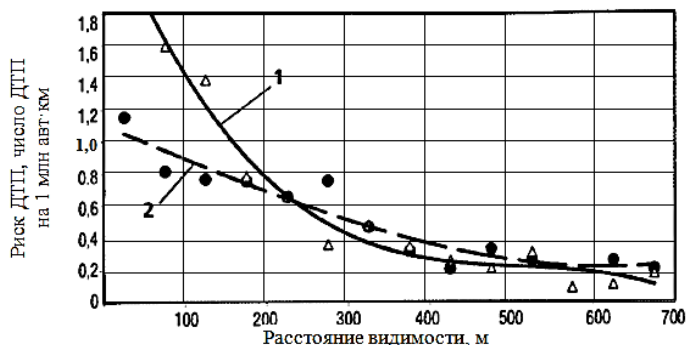


Рисунок 4.6 – Зависимость показателя риска ДТП от расстояния видимости в плане на многополосных автомобильных дорогах [64, 72]:

1 – с разделительной полосой; 2 – без разделительной полосы

Таблица 4.7 – Величина относительного изменения показателя риска ДТП в зависимости от расстояния видимости в плане

Расстояние видимости в плане, м	Относительное изменение показателя риска ДТП в долях	
	по данным ФГУП «РОСДОРНИИ» [72]	по данным В. Ф. Бабкова [39]
500	1,0	1,0
400	+1,15	+1,2
350	+1,45	+1,45
250	+2,2	+2,0
200	+2,85	+2,25
150	+4,0	+2,7
100	+5,2	+3,0
50	+6,8	+3,6
30	+7,5	+4,5

Другим нормируемым параметром расстояния видимости при проектировании дорог является наименьшее расстояние видимости встречного автомобиля, или *расстояние видимости в продольном профиле*. Соблюдение минимальных требований к этому расстоянию видимости обеспечивает безопасные условия выполнения обгонов. При проведении анализа аварийности различают расстояние видимости при обгоне и расстояние видимости для остановки автомобилей. По результатам исследований отмечено, что более значимым влиянием на аварийность является фактор расстояния видимости встречного автомобиля (из условия обеспечения безопасности выполнения обгона) [64].

Анализ зависимостей показывает, что уменьшение расстояния видимости встречного автомобиля оказывает ощутимое влияние на увеличение



риска ДТП, начиная с 600–700 м, а повышенной опасностью характеризуются участки с расстоянием видимости менее 400–500 м вне зависимости от типа автомобильных дорог (рисунки 4.7, 4.8).

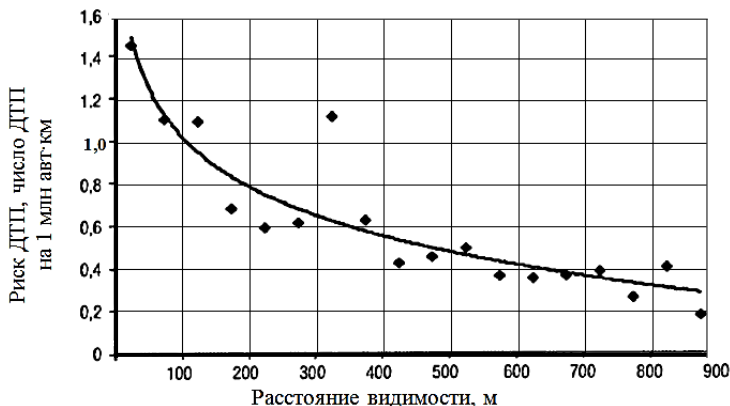


Рисунок 4.7 – Зависимость показателя риска ДТП от расстояния видимости в продольном профиле на двухполосных автомобильных дорогах [64]

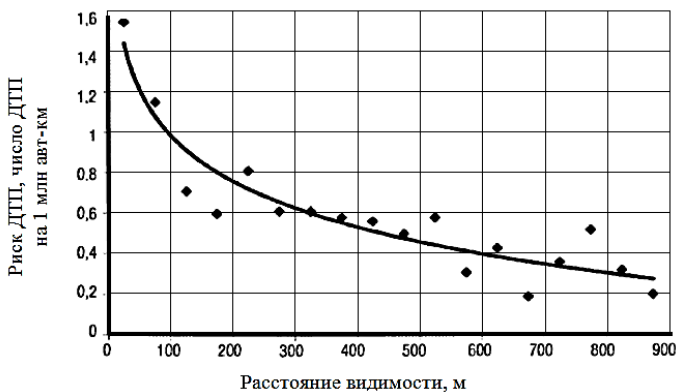


Рисунок 4.8 – Зависимость показателя риска ДТП от расстояния видимости в продольном профиле на многополосных автомобильных дорогах без разделительной полосы [64]

Следовательно, вышеприведенные результаты исследований показывают: 1) на двухполосных автомобильных дорогах условию безопасности (при расчетной скорости движения 100 км/ч) соответствуют расстояния видимо-

сти в плане не менее 250 м и видимости встречного автомобиля 450 м; 2) для многополосных автомобильных дорог условию безопасности (при расчетной скорости движения 120 км/ч) характерны расстояния видимости в плане не менее 320 м и видимости встречного автомобиля 560 м.

При меньших значениях расстояния видимости или существенном превышении скорости движения в работе водителя могут возникать ситуации острого дефицита времени в случаях неожиданного изменения дорожно-транспортной обстановки.

Для оценки эффективности мероприятий, связанных с увеличением расстояния видимости в плане и в продольном профиле, с позиции уменьшения риска ДТП имеет смысл воспользоваться данными таблицы 4.8.

Таблица 4.8 – Снижение показателя риска ДТП в зависимости от значения увеличения расстояния видимости [70]

Увеличение расстояния видимости, м	Снижение показателя риска ДТП, в % к исходному уровню по типам автомобильных дорог и видимости			
	многополосных		двухполосных	
	в плане	в профиле	в плане	в профиле
От менее 50 до 100	-36	-47	-44	-50
» 50 » 200	-72	-67	-55	-62
100–200	-57	-38	-20	-23
100–400	-70	-50	-30	-47
200–400	-40	-20	-25	-22
400–600	-30	-13	-8	-33

Существенное влияние на безопасность движения оказывают *боковые препятствия*, которые ограничивают расстояние видимости и существенно повышают аварийность. Наиболее распространенными типами таких препятствий являются откосы земляного полотна, расположенные в зоне кривых в плане при больших углах поворота трассы. Такие препятствия зависят от крутизны склонов, а также с их помощью формируются условия, при которых водитель до въезда на кривую, особенно при больших углах поворота трассы, не в состоянии в целом зрительно оценить условия движения на таких кривых, поскольку окончание кривой (поворота) не видно водителю.

Влияние боковых препятствий на выбираемую водителем скорость проезда кривых в плане, наиболее ощутимо проявляется при радиусах кривых менее 200–300 м. При больших радиусах кривых, даже при наличии боковых препятствий, одновременно возрастает и расстояние видимости.

На существующих автомобильных дорогах, имеющих кривые в плане, видимость на которых ограничена боковыми препятствиями, рекомендуется в качестве мероприятий, повышающих безопасность движения, устройство срезов видимости, уполаживание откосов земляного полотна или, если это возможно, устранение боковых препятствий. При этом следует как мини-

мум обеспечить расстояние видимости, необходимое для зрительной оценки водителем всей кривой малого радиуса до въезда на нее.

#### 4.2.2 Определение видимости в направлении движения

На прямом горизонтальном участке водитель видит перед собой дорогу на большом расстоянии. На кривых в плане, у переломов продольного профиля, а также при наличии каких-либо помех видимый участок дороги значительно уменьшается. В таких случаях должна быть обеспечена *расчетная видимость* – расстояние перед автомобилем, на котором водитель должен видеть перед собой дорогу, чтобы, заметив препятствие, осознать его опасность и успеть объехать или затормозить и остановиться [37].

Видимость препятствия в направлении движения оценивается расстоянием, на котором с высоты 1,2 м (уровень глаз водителя) обнаруживается предмет размерами не менее 30x30 см и высотой не более 20 см. Аналогично определяется видимость транспортного средства, причем вместо него может выступать второй наблюдатель, который должен согнуться до высоты примерно 1,2 м, или которому на этой высоте навешивают какое-либо яркое обозначение шириной 10–15 см.

Все существующие схемы видимости на автомобильных дорогах можно разделить на две основные группы [47]:

- схемы, предусматривающие остановку автомобиля перед препятствием или встречным автомобилем;
- схемы, исходящие из объезда автомобилем препятствия или обгона попутного автомобиля с заездом на смежную полосу движения.

При расчетах схем первого случая используют формулу для определения расстояния, на котором водитель может остановить свой автомобиль:

$$s = \frac{v}{3,6} + \frac{K_3 v^2}{254(\varphi_{\text{пр}} \pm i + j)} + l_0, \quad (4.16)$$

где  $v$  – скорость автомобиля, км/ч;  $K_3$  – коэффициент эффективности торможения (учитывает тип и состояние транспортного средства, а также коэффициент сцепления, при котором происходит торможение);  $j$  – ускорение автомобиля, м/с<sup>2</sup>;  $\varphi_{\text{пр}}$  – продольная составляющая коэффициента сцепления;  $l_0$  – расстояние безопасности, м.

Наименьшее расстояние видимости из условия остановки в зависимости от значения расчетной скорости представлено в таблице 1.13.

Многочисленные схемы для расчета видимости из условия обгона (второй случай) основаны на определении пути, необходимого для обгона автомобиля, едущего с меньшей скоростью, более быстрым автомобилем, и неиз-

бежно содержат ряд допущений о режимах и траекториях их движения. Наблюдаемые на практике режимы движения при обгоне зависят от многих факторов и не могут быть охвачены какой-либо одной схемой. Поэтому целесообразно исходить из схем, достаточно простых и обеспечивающих запас надежности, например схемы, представленной на рисунке 4.9.

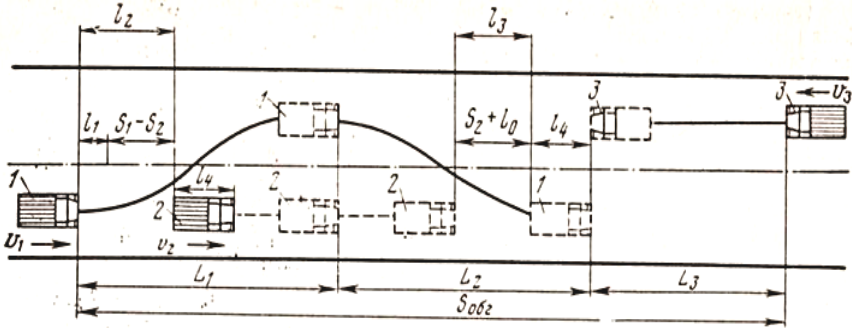


Рисунок 4.9 – Схема определения расстояния видимости из условия обгона [37]

По этой схеме началом обгона считается момент, когда обгоняющий автомобиль 1 приблизится к обгоняемому автомобилю 2 на расстояние, равное разности их тормозных путей ( $s_1 - s_2$ ) и пути, который автомобиль проходит с момента принятия водителем решения об обгоне. По аналогии с процессом торможения это время можно принять равным 1 с. За этот период автомобиль проходит расстояние  $l_1$ . Поэтому заезд на полосу встречного движения начинается на расстоянии от обгоняемого автомобиля

$$l_2 = l_1 + (s_1 - s_2) = l_1 + \frac{K_3(v_1^2 - v_2^2)}{2g\phi_{пр}}, \tag{4.17}$$

где  $v_1, v_2$  – скорости переднего и заднего автомобилей, м/с;  $\phi_{пр}$  – продольная составляющая коэффициента сцепления;  $K_3$  – коэффициент эффективности торможения (принимается для обоих автомобилей одинаковым).

При разности скоростей автомобилей ( $v_1 - v_2$ ) задний автомобиль нагонит передний и поравняется с ним, пройдя путь

$$L_1 = \frac{(l_1 + l_4)v_1}{v_1 - v_2} = \frac{v_1^2}{v_1 - v_2} + \frac{K_3 v_1(v_1 + v)}{2g\phi_{пр}}, \tag{4.18}$$

где  $l_4$  – длина автомобиля, м.

После того как задний автомобиль поравняется с обгоняемым, он должен вернуться на свою полосу движения. По соображениям безопасности он должен опередить для этого обгоняемый автомобиль на расстояние, равное длине его тормозного пути  $s_2$ , увеличенное на некоторое расстояние безопасности  $l_0 = 5 \dots 10$  м и на длину автомобиля  $l_4$ . При этом

$$l_3 = \frac{K_3 v_2^2}{2g\varphi_{\text{пр}}} + l_0. \quad (4.19)$$

Отсюда путь, проходимый поравнявшимся автомобилем 1 до возвращения на свою полосу движения:

$$L_2 = \frac{(l_3 + l_4) v_1}{v_1 - v_2} = \left( \frac{K_3 v_2^2}{2g\varphi_{\text{пр}}} + l_0 + l_4 \right) \frac{v_1}{v_1 - v_2}. \quad (4.20)$$

Предельный случай возможности осуществления обгона с выходом на полосу встречного движения соответствует возвращению обгоняющего автомобиля на свою полосу к моменту встречи со встречным автомобилем 3, идущим со скоростью  $v_3$ , который за период обгона проходит путь

$$L_3 = \frac{(L_1 + L_2) v_3}{v_1}. \quad (4.21)$$

Отсюда расстояние видимости из условия обгона [36, 42]

$$s_{\text{обр}} = L_1 + L_2 + L_3 = \left( l_0 + l_1 + 2l_4 + \frac{K_3 v_1^2}{2g\varphi_{\text{пр}}} \right) \frac{v_1 + v_2}{v_1 - v_2}. \quad (4.22)$$

#### 4.2.3 Определение боковой видимости в конфликтах Т-Т и Т-П

В отношении *треугольника боковой видимости* автомобиля в конфликте Т-Т существует два основных подхода [70]. Согласно первому из них определяется равносторонний треугольник боковой видимости с вершиной в вероятной конфликтной точке (рисунок 4.10, а). Согласно второму подходу от вероятной конфликтной точки по встречной полосе главной дороги откладывают расстояние  $3v_1$ , где  $v_1$  – разрешенная по главной дороге скорость движения, м/с. Если нет других ограничений, то за городом  $s_1$  составляет 75 м. С этой точки, с высоты 1,2 м, определяется точка на второстепенной дороге, на которой отчетливо виден автомобиль (или другой достаточно большой предмет высотой 1,2 м). Если эта видимость не ограничена, то останавливаются на расстоянии  $s_2 = 0,7s_1$  (рисунок 4.10, б). В некоторых случаях, при детальном исследовании, определяют второй, больший треугольник боковой видимости, для которого по главной

дороге откладывают расстояние  $s_1 = 5v_1$ , т. е. около 125 м за городом. Необходимость измерения двух треугольников боковой видимости объясняется тем, что разное расположение препятствий по отношению к главной и второстепенной дороге оказывает неодинаковое влияние на видимость конфликтующих транспортных средств. Это связано с фактической разностью скоростей, с которыми приближаются транспортные средства к конфликтной точке: ясно, что по главной дороге скорость движения значительно выше. Поэтому при одинаковых треугольниках боковой видимости те препятствия, которые расположены дальше от второстепенной дороги, требуют меньшего замедления второстепенных транспортных средств.

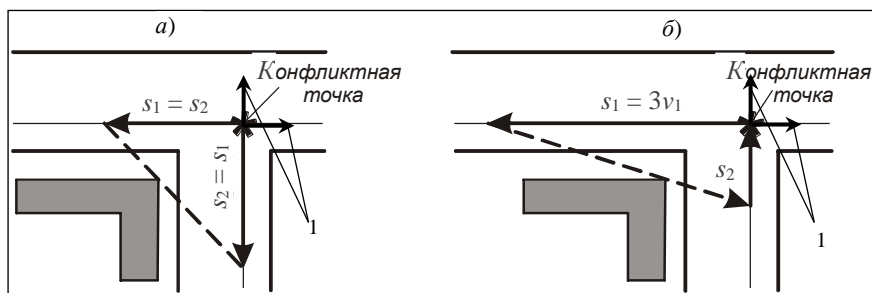


Рисунок 4.10 – К определению треугольника боковой видимости в конфликте Т-Т [47]:

*a* – равносторонний треугольник  $s_1 = s_2$ ; *б* – главная сторона  $s_1 = 3v_1$ ;

1 – траектории движения конфликтующих участников

Если в пределах треугольника боковой видимости имеются какие-либо помехи, то качество видимости классифицируется по четырехбалльной шкале:

- отличная – в треугольнике практически нет помех;
- хорошая – имеются отдельные помехи: стойки дорожных знаков, опоры линий электроосвещения, отдельные тонкие деревья;
- удовлетворительная – помехи значительны, включая отдельные запаркованные автомобили;
- неудовлетворительная – помехи очень сильны: деревья, запаркованные грузовые автомобили или автобусы, главный конфликтующий участник различается с трудом или с перебоями.

Рекомендованы следующие значения коэффициента, характеризующего видимость в треугольнике: отличная – 1,0; хорошая – 1,2; удовлетворительная – 1,5; неудовлетворительная – до 2,5 [53, 54, 62].

*Треугольник боковой видимости в конфликте Т-П* определяется как для пешехода, так и для транспорта. В первом случае от вероятной конфликтной точки, чаще всего она расположена в 1 м от бортового камня или от

кромки проезжей части (т. к. наезд практически в 70 % случаях осуществляется как только пешеход вступает на дорогу) на траектории движения пешехода откладывают 9 м и с этой точки, с высоты 1,2 м определяют точку в 1 м от края проезжей части, на которой виден автомобиль. Если по каким-либо причинам невозможно отложить от конфликтной точки 9 м по траектории движения пешехода, например, из-за близкого расположения зданий, ограждений и т. п., то замеры производятся от наиболее удаленной точки (рисунок 4.11, а). Во втором случае с точки, расположенной в 1 м от кромки проезжей части на расстоянии  $s_1 = 3v_1$  от вероятной конфликтной точки, определяют наибольшее расстояние на траектории движения пешехода, на котором виден отдельный пешеход высотой, примерно, 1,2 м (рисунок 4.11, б). Таким образом, запись размеров треугольника боковой видимости требует четырех значений, например, 8х30–50х4.

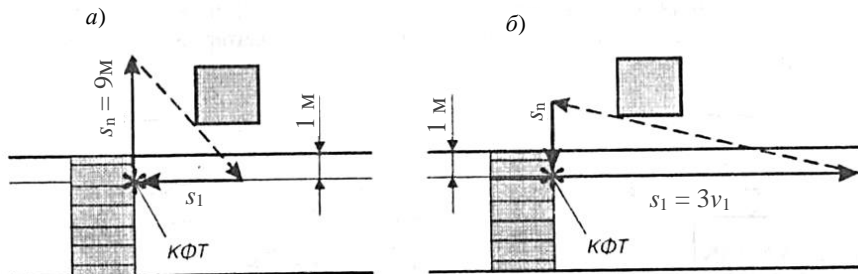


Рисунок 4.11 – К определению треугольника боковой видимости в конфликте Т-П [47]:  
а – видимость П → Т; б – видимость Т → П

#### 4.2.4 Определение видимости на кривых в плане

Видимость на кривых в плане проверяют для автомобиля, следующего по крайней внутренней полосе движения. Принимаются допущения, что глаз водителя расположен посередине полосы движения на высоте 1,2 м. Поскольку под видимостью подразумевается длина пути, который автомобиль проходит по дороге, расстояние видимости при проверке измеряют по траектории движения автомобиля. При анализе видимости в плане исходят из исследования уравнения кривой, огибающей систему лучей взгляда водителя при движении автомобиля по круговой кривой с переходными кривыми и уширениями (рисунок 4.12). Для обеспечения безопасности движения по кривой используют графический метод. На крупном плане трассы на траектории движения автомобиля намечают ряд точек, от которых откладывают расстояния видимости. Затем концы этих отрезков соеди-

няют прямыми линиями, огибающая которых определяет границу видимости. Намечая уровень срезки в выемках, необходимо учитывать зарастание их в дальнейшем травой и выпадение снега. Наиболее целесообразно доводить срезку в выемках до уровня поверхности дороги.

Для проверки обеспеченности видимости дороги в плане и упрощенного построения границ зоны видимости можно ограничиваться установлением размера срезки в середине кривой по биссектрисе. Рассмотрим наиболее общий случай, когда длина кривой  $K$  меньше, чем необходимое расстояние видимости  $s$ .

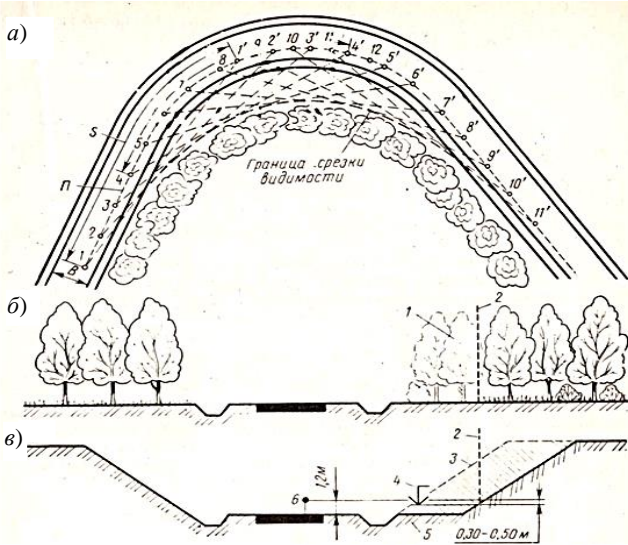


Рисунок 4.12 – Схема определения видимости на кривой в плане [37]:

- $a$  – графическое построение границ срезки видимости;  $b$  – граница вырубке леса;
- $в$  – граница срезки в выемке;  $B$  – ширина проезжей части;  $\Pi$  – полоса движения автомобиля;
- 1 – расчистка для обеспечения видимости в лесу; 2 – граница зоны видимости;
- 3 – срезка в выемке; 4 – минимальный необходимый уровень срезки;
- 5 – наиболее целесообразный уровень срезки; 6 – положение глаз водителя

Согласно схеме, приведенной на рисунке 4.13 необходимая ширина срезки [37]

$$\delta = R_1 \left( 1 - \cos \frac{\alpha}{2} \right) + \frac{1}{2} \left( s - \frac{\pi R \alpha}{180^\circ} \right) \sin \frac{\alpha}{2}, \quad (4.23)$$

где  $R_1$  – радиус траектории автомобиля, м;  $\alpha$  – центральный угол кривой, град;  $R$  – радиус кривой, м.



В частном случае, когда  $K > s$ , последнее выражение упрощается и принимает вид

$$\delta = R_1 \left( 1 - \cos \frac{\alpha_1}{2} \right), \quad (4.24)$$

где  $\alpha_1$  – угол, стягивающий дугу окружности, равную расстоянию видимости, град,

$$\alpha_1 = \frac{s \cdot 180^\circ}{\pi R_1}. \quad (4.25)$$

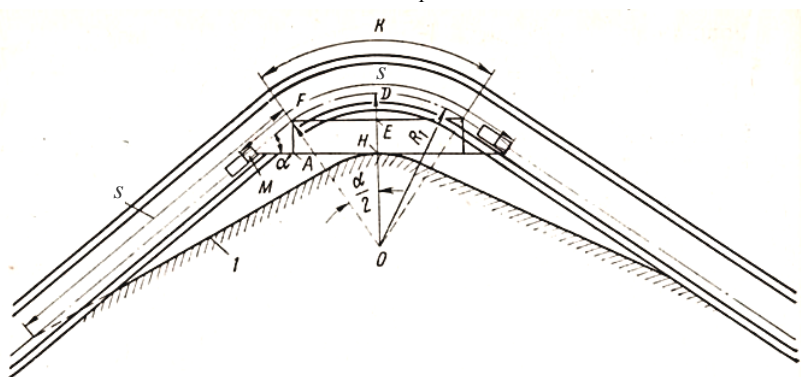


Рисунок 4.13 – Схема к определению срезки видимости [37]:

1 – приближенная граница срезки видимости

В обоих случаях в пределах кривой величину срезки можно принять постоянной и провести границу срезки по концентрической окружности. Срезка должна начинаться на прямой или переходной кривой на расстоянии видимости  $s$  от начала и конца кривой.

Если видимость ограничивается пролетными строениями мостов с ездой понизу или опорами путепроводов, для ее обеспечения необходимо перетрассировать дорогу, устранив кривую или существенно увеличив ее радиус.

### 4.3 Классификация ДТП, их учет. Система ВАДС.

#### Потери в дорожном движении

#### 4.3.1 Классификация ДТП по категориям и видам

При осуществлении учета ДТП предусматривается распределение ДТП на пять категорий [32]:

– *первая* – с участием механического транспортного средства и пешехода. К данной категории относятся ДТП, в которых участвует одно или несколько механических транспортных средств и один или несколько пешеходов;

– *вторая* – с участием одного механического транспортного средства. К данной категории относятся ДТП, не связанные со столкновением механического транспортного средства с другими участниками дорожного движения, даже если они могли участвовать в этом (например, водитель механического транспортного средства пытается избежать столкновения и съезжает с дороги) или ДТП, обусловленные наездом на препятствие или животное на дороге;

– *третья* – столкновение между транспортными средствами;

– *четвертая* – столкновение между механическим транспортным средством и железнодорожным транспортным средством;

– *пятая* – прочие, не отнесенные к перечисленным выше категориям. К данной категории ДТП относятся сходы трамвая с рельсов (не вызвавшие столкновения или опрокидывания), падение перевозимого груза или отброшенного колесом механического транспортного средства предмета на человека, животное или другое транспортное средство, наезд на лиц, не являющихся участниками дорожного движения, наезд на внезапно появившееся препятствие для дорожного движения (упавший груз, отделившаяся деталь), падение пассажиров с движущегося механического транспортного средства или в салоне движущегося механического транспортного средства в результате резкого изменения скорости или траектории движения и др.

При отнесении ДТП к соответствующей категории определяющим фактором является *первое столкновение в пределах дороги или первый механический удар по транспортному средству*. ДТП первой, четвертой и пятой категорий на виды не подразделяются.

ДТП второй категории подразделяются на следующие виды:

– *первый* – *опрокидывание* – ДТП, при котором движущееся механическое транспортное средство опрокинулось. К этому виду не относятся опрокидывания, которым предшествовали другие виды или категории ДТП;

– *второй* – *наезд на препятствие* – ДТП, при котором механическое транспортное средство наехало или ударилось о неподвижный объект (опора моста, столб, дерево, строительные материалы, ограждение и др.);

– *третий* – *наезд на животное* – ДТП, при котором механическое транспортное средство наехало на птиц или животных либо животные или птицы сами ударились о движущееся механическое транспортное средство.

ДТП третьей категории подразделяются на следующие виды:

– *первый* – *столкновение с наездом сзади* – столкновение с другим механическим транспортным средством, находящимся на той же полосе движения или обочине и движущимся в том же направлении или остановившимся ввиду

условий дорожного движения (запрещающий сигнал регулировщика или светофора, выполнение требований уступить дорогу и др.);

– *второй – столкновение на перекрестке* – столкновение с другим механическим транспортным средством, движущимся в поперечном направлении. Столкновение с ударом сзади или лобовое столкновение с механическим транспортным средством, ожидающим поворота, относятся соответственно к первому и к третьему видам данной категории ДТП;

– *третий – лобовое столкновение* – столкновение механического транспортного средства с другим механическим транспортным средством, движущимся во встречном направлении или двигавшимся во встречном направлении и остановившимся ввиду условий дорожного движения;

– *четвертый – попутное столкновение* – столкновение механических транспортных средств, движущихся в одном направлении (обгон, опережение, перестроение из одной полосы движения в другую, поворот налево или направо, разворот и др.);

– *пятый – столкновение со стоящим транспортным средством* – столкновение движущегося механического транспортного средства с механическим транспортным средством, осуществляющим остановку или стоянку преднамеренно (а не в результате условий дорожного движения), стоящим прицепом, механическим транспортным средством, прекратившим движение вследствие технической неисправности или участия в ДТП;

– *шестой – наезд на велосипедиста* – столкновение, при котором механическое транспортное средство наехало на велосипедиста или велосипедист наехал на движущееся механическое транспортное средство;

– *седьмой – наезд на гужевое транспортное средство* – столкновение, при котором механическое транспортное средство наехало на упряжных животных, а также на повозки, транспортируемые этими животными, либо упряжные животные или повозки, транспортируемые этими животными, ударились о движущееся механическое транспортное средство.

### 4.3.2 Общие положения и порядок учета ДТП

Под учетом ДТП понимается заполнение **карточки учета ДТП** посредством внесения сведений о ДТП и пострадавших в них лицах в базу данных учета ДТП. Порядок учета ДТП ОВД Республики Беларусь определен положениями Инструкции МВД Республики Беларусь «О порядке учета ДТП». Учет ДТП осуществляется подразделениями ГАИ МВД Республики Беларусь, на территории обслуживания которых ДТП совершены, в целях оценки состояния безопасности дорожного движения, анализа причин и условий их совершения, тяжести последствий, принятия мер по их предупреждению и устранению.

Учету подлежат ДТП с гибелью или ранением людей, при этом:

– с гибелью людей отражаются сведения о лицах, скончавшихся от полученных телесных повреждений на месте ДТП или в течение тридцати суток с момента ДТП, при наличии документально подтвержденной причинно-следственной связи между наступлением смерти и полученными в ДТП травмами;

– с ранеными людьми отражаются сведения о лицах, получивших в ДТП телесные повреждения, обусловившие госпитализацию этих лиц, либо прохождение амбулаторного лечения после оказания первой медицинской помощи на срок не менее одних суток, либо независимо от прохождения ими лечения, когда, согласно результатам медицинской судебной экспертизы, лицу при совершении ДТП причинены легкие телесные повреждения, повлекшие кратковременное расстройство здоровья, менее тяжкие телесные повреждения или тяжкие телесные повреждения, либо получивших легкие телесные повреждения, не повлекшие кратковременного расстройства здоровья, и прошедших стационарное лечение;

– с пострадавшими детьми отражаются сведения о ДТП, в которых пострадали несовершеннолетние в возрасте до 16 лет.

Не отражаются в учете ДТП сведения:

– о лицах: 1) которые участвовали в ДТП, скончались на месте ДТП или умерли в течение тридцати последующих суток, когда по результатам медицинской судебной экспертизы установлено, что смерть наступила от иных причин (болезнь, утопление, переохлаждение и тому подобное), и полученные в ДТП телесные повреждения не состоят в причинно-следственной связи с наступившей смертью; 2) которые после ДТП проходили стационарное или амбулаторное лечение, однако согласно результатам медицинской судебной экспертизы телесных повреждений, полученных при ДТП, не выявлено;

– ДТП и других подобных им происшествиях (в ходе которых есть погибшие или раненые), произошедшие:

- на огороженных территориях (организации, строящиеся и другие объекты), въезд на территорию которых контролируется запирающими устройствами, шлагбаумами, воротами или другими техническими средствами, исключающими общий доступ транспортных средств;

- вне дорог (лес, луг, поле и другие, а также на строящихся участках дорог, не введенных в эксплуатацию);

- на трамвайных путях, расположенных на самостоятельном полотне либо на обособленном полотне, отделенном от проезжей части боковой разделительной полосой;

- на велосипедных дорожках, расположенных обособленно, вне дороги;

- с участием диких животных;

- во время проведения различных мероприятий по автомобильному, мотоциклетному или велосипедному спорту (соревнования, тренировки и тому

подобные мероприятия), когда пострадали зрители, участники или персонал, обслуживающий спортивные мероприятия;

- с колесными тракторами, самоходными машинами во время выполнения ими основных производственных операций (пахота, прокладка траншей, скирдование, уборка сельскохозяйственной продукции на полях, лесозаготовка, погрузочно-разгрузочные работы, производимые с помощью автокранов или методом самосвала, установка мачт, опор и др.);

- в результате умышленных посягательств на жизнь и здоровье граждан или действий, направленных на причинение имущественного ущерба;

- вследствие попытки пострадавшего покончить жизнь самоубийством, установленной по результатам предварительного расследования;

- в результате стихийных бедствий;

- в результате нарушения правил техники безопасности и эксплуатации механических транспортных средств, самоходных машин при отсутствии водителя за рулем (запуск двигателя с помощью заводной рукоятки или пуск двигателя при включенной передаче, при сцепке-расцепке механических транспортных средств с прицепами, механизмами, приспособлениями и др.);

- в результате возгорания движущегося механического транспортного средства, не являющегося следствием столкновения с другим транспортным средством, а также столкновения с железнодорожным транспортным средством, опрокидывания, наезда на препятствие, животное или участников дорожного движения.

### **4.3.3 Ведение учета ДТП**

На каждое ДТП, подлежащее учету, заполняются реквизиты карточки по форме согласно приложению Г и делается соответствующая запись в журнале учета ДТП по форме согласно приложению Д.

Распоряжениями начальников управлений Минского ГАИ ГУВД, управлений областных ГАИ УВД назначаются сотрудники ГАИ ГУВД, ГАИ УВД, уполномоченные осуществлять контроль за соблюдением требований по заполнению карточек, а также проставление отметок о включении ДТП в базу данных [32].

Ответственность за полноту и достоверность учета ДТП несут начальники подразделений ГАИ, осуществляющих учет ДТП. Непосредственный контроль за полнотой и достоверностью учета ДТП в подчиненных подразделениях ГАИ осуществляют ГАИ ГУВД, ГАИ УВД. Получение необходимых для заполнения карточки сведений из подразделений Следственного комитета Республики Беларусь производится по письменному запросу начальника подразделения ГАИ, адресованному руководителю подразделения Следственного комитета Республики Беларусь, сотрудник которого осуществляет производство по уголовному делу.

Отчетный массив базы данных за прошедший месяц формируется 5-го числа месяца, следующего за отчетным периодом. Проверки уполномоченными сотрудниками ГАИ ГУВД, ГАИ УВД карточек, заполненных сотрудниками подразделений ГАИ, а также проставления отметок о включении ДТП в базу данных, должно быть осуществлено не позднее 12:00 часов 5-го числа месяца, следующего за отчетным. В случае, когда 5-е число месяца, следующего за отчетным, приходится на выходной или праздничный день, то в следующий день за выходным или праздничным днем.

#### **4.3.4 Порядок заполнения карточки и включения сведений о ДТП и пострадавших в базу данных**

Для заполнения карточки используются сведения, непосредственно полученные на месте ДТП или в результате проведения проверки по ДТП, из телеграмм и сообщений оперативно-дежурной службы управления, ОВД ГО-РУ-РОВД, а также сведения, предоставленные подразделениями Следственного комитета Республики Беларусь.

Карточка заполняется сотрудниками отделов (отделений) ГАИ ГО-РУ-РОВД, межрайонных отделов ГАИ, иных подразделений ГАИ, непосредственно подчиненных ГУВД, УВД, осуществляющих учет ДТП согласно их должностным обязанностям.

Заполнение карточки осуществляется сотрудниками территориальных подразделений ГАИ в течение трех суток после совершения ДТП посредством внесения сведений в базу данных, с последующей распечаткой карточки. Карточка заполняется путем внесения соответствующих сведений, а также с использованием классификаторов базы данных.

В реквизите «фабула ДТП» подробно описывается механизм совершения ДТП. Реквизит «схема ДТП» представляет собой схематический рисунок на распечатанном экземпляре карточки. Реквизит «виновность» заполняется на участника ДТП, в действиях которого первоначально усматривается нарушение ПДД, состоящее в причинно-следственной связи с ДТП. При установлении, в результате проведения проверки по ДТП, виновности иного участника в его совершении в карточку вносятся соответствующие изменения. Распечатанный экземпляр карточки подписывается начальником ГО-РУ-РОВД либо его заместителем; в иных подразделениях ГАИ, непосредственно подчиненных ГУВД, УВД, – начальником подразделения ГАИ и хранится в территориальном подразделении ГАИ.

Уполномоченными сотрудниками ГАИ ГУВД, ГАИ УВД после проверки заполненных сотрудниками территориальных подразделений ГАИ карточек проставляются соответствующие отметки о включении ДТП в базу данных.

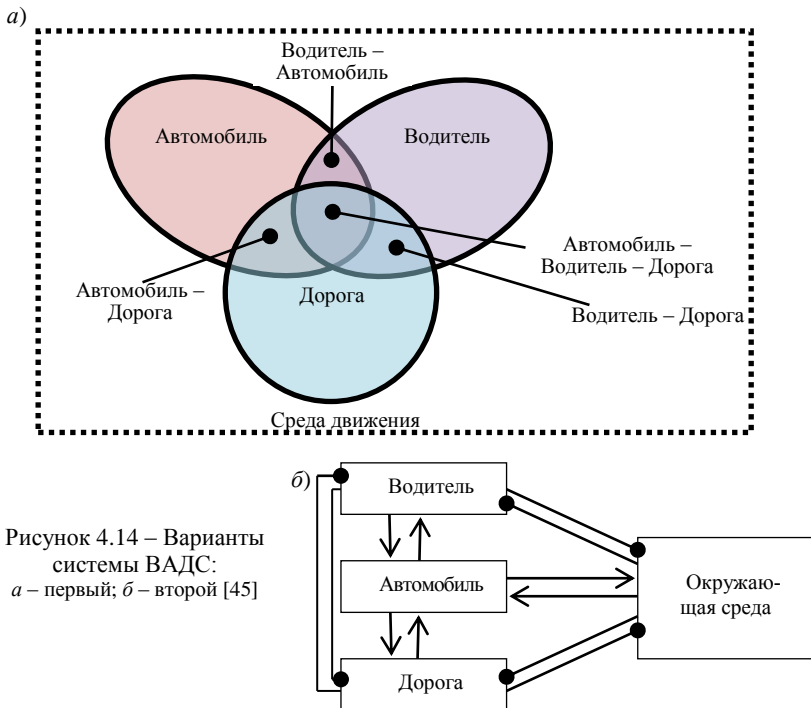
В случае сбоев в работе программного обеспечения, каналов передачи данных либо наличии других обстоятельств, не позволяющих произвести

заполнение карточки сотрудником территориального подразделения ГАИ в базе данных, в установленные сроки карточка заполняется на бумажном носителе в двух экземплярах. Оба экземпляра карточки подписываются начальником ГО-РУ-РОВД либо его заместителем, в иных подразделениях ГАИ, непосредственно подчиненных ГУВД, УВД, – начальником подразделения ГАИ, один экземпляр которой с сопроводительным письмом передается в подразделение ГО-РУ-РОВД для направления в ГАИ ГУВД, ГАИ УВД. Внесение в базу данных карточек, поступивших на бумажном носителе из территориальных подразделений ГАИ, проводится уполномоченными сотрудниками ГАИ ГУВД, ГАИ УВД в течение трех суток после поступления карточки.

#### **4.3.5 Общие сведения о системе ВАДС**

В дорожном движении непосредственно задействованы следующие неотъемлемые элементы: человек (водитель), автомобиль, окружающая среда (включающая: других участников движения, ТСР, погодно-климатические факторы), дорога (дорожные условия). На системном уровне встречается несколько вариантов: система ВАДС и система «человек – автомобиль – дорога – окружающая среда». Успешная работа этих систем зависит от работы каждого элемента, в особенности человека как водителя потенциально опасного средства. Варианты системы ВАДС показаны на рисунке 4.14. В них выделены следующие компоненты: автомобиль – дорога, водитель – автомобиль, водитель – дорога, а также подразумевается наличие компонентов среда – водитель, среда – автомобиль, среда – дорога. Среда движения, под которой здесь понимаются другие участники и погодно-климатические факторы, является базисом, оказывающим воздействие на остальные элементы в процессе их взаимодействия. Отказ в работе хотя бы одного элемента или компонента неизбежно приводит к отказу всей системы, который проявляется обычно в виде конфликта Т-Д. Причинами возникновения его являются [47]:

- внезапный отказ основных узлов и элементов автомобиля: отказ тормозной системы, разрушение колеса и т. д.;
- резкое ухудшение характеристик дороги, а именно проезжей части: ровности, скользкости и т. п. без соответствующего предупреждения водителя (например, с помощью ТСР);
- несоответствие режима движения автомобиля фактическим дорожным условиям (обычно заключается в превышении скорости);
- несоответствие темпа изменения скорости и траектории движения фактическим дорожным условиям, приводящие к заносу, опрокидыванию;
- внезапное появление на дороге (проезжей части) каких-либо препятствий для движения: животные, массивные предметы и т. п.



Следует отметить, что применительно к автомобилю, на безопасность движения влияют: тяговые и тормозные свойства, габариты, маневренность, световая сигнализация и др. Относительно дороги – ширина проезжей части, коэффициент сцепления, ровность дорожного покрытия, наличие и характеристики обочины, наличие ограждений и их качество, иные геометрические параметры и др. При рассмотрении окружающей среды (среды движения), то она влияет на безопасность характеристиками погодно-климатических условий и других участников движения (в том числе и пешеходов).

В большей степени «слабым» элементом системы ВАДС является водитель (также в некоторой степени и другие участники движения, входящие в компонент окружающей среда), т. к. зачастую он обладает неудовлетворительным быстродействием и склонен (как и любой другой человек) к совершению повышенного количества ошибок, особенно в условиях дефицита времени.

Недостатком системы ВАДС (в любом из приведенных вариантов) является отсутствие влияния и взаимодействия с другими участниками движения. В приведенных схемах данный элемент входит в подсистему «окружающая среда», хотя это не совсем правильно, т. к. взаимодействие с другими участниками движения часто является первопричиной конфликтов Т-Д.



**Упрощенная схема системы ВАДС в разрезе процесса управления автомобилем** представлена на рисунке 4.15, причем в данный конкретный момент рассматривается влияние на автомобиль элементов дорожных условий и погодно-климатических факторов. Последние выступают в качестве составляющей подсистемы – окружающей среды. Это влияние отражается на схеме слева в виде двойных стрелок. Одновременно на органы чувств водителя поступает гигантское количество информационных сигналов, представленных в виде тонких линий сверху, которые поступают от дорожных условий, окружающей среды (в том числе от ТСР, других участников движения и погодно-климатических факторов) и управляемого автомобиля. Затем, достигнув органов чувств водителя, значительная доля данных сигналов отфильтровывается (отсеивается). Согласно результатам исследований [46, 53] к органам чувств водителя поступает около  $10^{11}$  бит информации, непосредственно же органам чувств передается уже около  $10^6$  бит, а осознается только лишь около 16 бит. Далее от органов чувств часть потока информации поступает на подсознательный уровень, где вырабатываются простейшие команды в виде рефлексов и автоматизмов, а часть – осознается и перерабатывается в сознательные команды. При этом в процессах осознания и переработки участвуют такие факторы, как мотивация, память, опыт, внимание, степень утомления и т. д.

Во многих случаях на качество вырабатываемых команд (а тем самым и на уровень аварийности в целом) влияет такой фактор, как мотивация – это процесс побуждения водителя к совершению тех или иных действий, зачастую требующих анализа существующих альтернатив и принятия соответствующего решения. Водитель обычно руководствуется мотивами комфорта, безопасности, экономии времени, сокращения расстояния и т. п., при этом принимая во внимание время и режим движения, расход топлива и т. п. На принятие водителем решения также влияет его характер, самооценка, состояние здоровья и т. п. Далее рефлексy, автоматизмы и сознательные команды передаются в мышечную системы, где преобразуются уже в конкретные управляющие воздействия (нажатие на педаль, поворот рулевого колеса). Эти воздействия необходимы для того, чтобы автомобиль либо изменил, либо сохранил характеристики движения в изменяющихся дорожных условиях (см. рисунок 4.15).

Стоит отметить, что на каждом из перечисленных уровней может случиться сбой, который в свою очередь станет причиной ДТП. Причины таких сбоев: утомляемость, болезнь, нетрезвое состояние, недостаток опыта, медлительность при выработке команд (по упомянутым причинам), повышенная самооценка, неуважительное отношение к участникам дорожного движения, неверная мотивация, невнимательность, неверная реализация команды мышечной системой (рулевое колесо повернуто на больший угол, чем необходимо) и т. д.

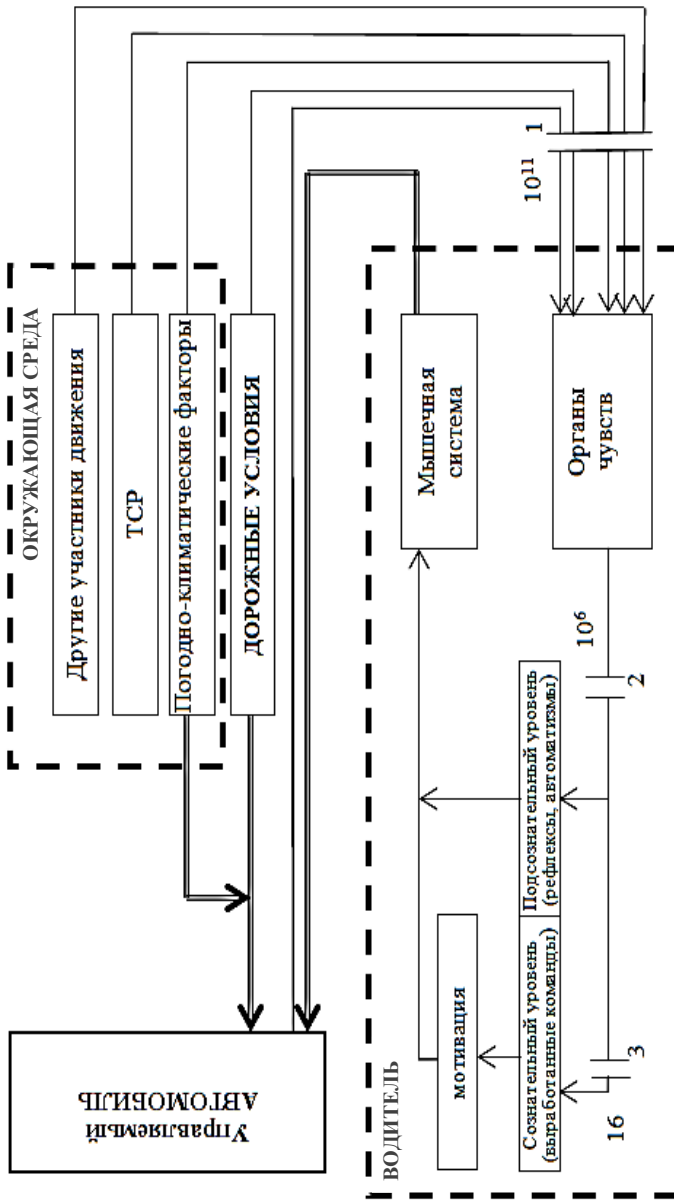


Рисунок 4.15 – Схема системы ВАДС в разрезе процесса управления автомобилем [46, 53]:

1–3 – информационные фильтры<sup>1)</sup>; 10<sup>11</sup>, 10<sup>6</sup>, 16 – число бит<sup>2)</sup> передаваемой информации за 1 с

<sup>1)</sup> Под *информационными фильтрами* понимаются механизмы, отделяющие полезную информацию от вредной.

<sup>2)</sup> *Бит* – абсолютная величина информации, достаточная для ответа на альтернативный вопрос «да» или «нет» при условии выбора между двумя равновероятными возможностями [46].

Однако не следует забывать, что конкретные управляющие воздействия «приходят» на автомобиль с определенным запаздыванием, что связано в большей степени с процессами выработки и реализации команд водителем (в меньшей степени также со временем срабатывания агрегатов автомобиля). Зачастую величина данного запаздывания является неприемлемо большой, и когда воздействие возвращается на автомобиль, дорожные условия могут настолько измениться, что для разрешения КФС понадобится уже противоположное решение. При этом необходимо помнить, что определенная часть воздействий вырабатывается и реализуется в условиях большого дефицита времени, что усугубляется повышенным уровнем ошибок со стороны водителя.

#### 4.3.6 Потери в дорожном движении

**Общее понятие о потерях в дорожном движении.** Процессы, происходящие в дорожном транспорте<sup>1)</sup>, можно подразделить на два основополагающих этапа: создание необходимой инфраструктуры и непосредственное перемещение пассажиров и грузов. Первый этап включает в себя строительство и содержание дорог, производство, приобретение и обслуживание транспортных средств, создание систем управления, подготовка кадров и т. д. Под вторым этапом понимается непосредственно процесс перемещения людей и грузов в созданных для этого условиях. Как на первом этапе, так и на втором присутствуют значительные затраты: на первом – затраты в инфраструктуру, на втором – издержки процесса движения. Под последними понимаются издержки, связанные с потерей времени, расходом топлива, износом дорог и транспортных средств, выбросами в атмосферу, воздействием шума, нарушением прав и свобод человека, ДТП и т. п. Следовательно, стоимость транспортного обслуживания в дорожном движении определяется по формуле [49]

$$C = Z + E, \quad (4.26)$$

где  $Z$  – затраты в инфраструктуру автомобильных дорог;  $E$  – издержки процесса движения транспортных средств.

Если на объекте ДС исследуемая стоимость транспортного обслуживания близка к минимально возможной, то считается, что объект работает оптимально, без потерь. Если же эта стоимость не минимальна, то в этом случае имеют место потери. Под последними понимают превышение исследуемой стоимости (полученной в ходе изучения работы объекта) над минимально возможной:

---

<sup>1)</sup> Под *дорожным транспортом* понимается вид транспорта, который осуществляет свое движение по автомобильной дороге.

$$П = С - C_{\min}, \quad (4.27)$$

где  $C$  – исследуемая стоимость работы объекта ДС;  $C_{\min}$  – минимально возможная стоимость.

При рассмотрении нескольких вариантов соотношения параметров, представленных в формулах (4.26) и (4.27), можно отметить следующее:

– если затраты в инфраструктуру окажутся меньше необходимых, то издержки процесса движения существенно возрастут, и в итоге суммарная стоимость транспортного обслуживания окажется выше минимальной;

– если затраты в инфраструктуру окажутся существенно больше необходимых, то издержки процесса движения окажутся минимальными, однако суммарная стоимость транспортного обслуживания окажется также выше минимальной.

Как видно из примеров, в обоих случаях будут иметь место потери. Таким образом, **потери в дорожном движении** – это социально-экономическая стоимость необязательных затрат (издержек) в процессе движения. Эти потери можно разделить на четыре вида: экономические, экологические, аварийные и социальные.

*Экономические потери* в дорожном движении связаны с необязательными задержками (издержками) [49]:

– многочисленные остановки (торможение, трогание, разгон) и перепробег транспорта по причине неоптимальной ОДД;

– перерасход топлива;

– ускоренный износ или повреждение транспортных средств из-за некачественных условий и неблагоприятных режимов движения;

– задержки транспорта, пассажиров и пешеходов из-за снижения скорости движения по сравнению с нормативной (по каким-либо причинам) или вынужденных простоев на ДС;

– потери прибыли (выгоды) участниками движения и потери в смежных отраслях из-за невыполнения принятых на себя обязательств, упущенная выгода из-за неполного использования возможностей и т. п. – по причинам, представленным выше.

Экономические потери характеризуются тем, что они равномерно перераспределяются на всех членов общества и тем самым сливаются с действительно неизбежными издержками, в результате чего их не замечают, и поэтому над ними не ведется должная работа. Однако по своим масштабам эти потери значительно превышают аварийные и экологические вместе взятые и значительно влияют на уровень нашей жизни.

*Экологические потери* возникают от превышающих минимально возможные величины выбросов вредных веществ в атмосферу, загрязнения воды и почвы, воздействия шума, вибрации и электромагнитных излуче-

ний. Основными причинами повышенного уровня экологических потерь являются [49]:

- повышенный уровень маневрирования интенсивных потоков, включая торможения, остановки и разгоны;
- перегрузки отдельных участков ДС;
- перепробег транспортных средств;
- вынужденное снижение скорости движения на неэкономичных режимах и соответственно увеличенный объем выбросов;
- неудовлетворительное техническое состояние транспортных средств;
- понижение установленного предела скорости в населенных пунктах;
- обязательное включение головного света в дневное время и т. д.

Казалось бы, как последние два мероприятия попали во «вредный список»? Однако и они, наряду с минимизацией аварийных потерь, при непродуманном применении приводят к повышенному расходу топлива и увеличению экологических и экономических потерь, что, в некоторых случаях, многократно превышает «выигрыш» в аварийных потерях.

Экологические потери отличаются тем каверзным свойством, что их действие отложено во времени на довольно значительный период. Когда речь идет об экологических потерях, не следует путать также *произведенный* и *потребленный вред*. К примеру, когда интенсивная магистраль проложена через незаселенную (промышленную) зону, и совсем другое, когда эта же магистраль проходит через густонаселенные жилые районы и вплотную примыкает к детским учреждениям, жилым зданиям, больницам и т. п. Очевидно, при равном «произведенном» вреде «потребленный» вред во втором случае будет несоизмеримо большим. Таким образом, при определении экологических потерь важными параметрами являются: место выбросов (город, загород), число подвергшихся воздействию жителей, удаленность застройки, наличие разного рода препятствий и т. п.

Борьба с экологическими потерями ведется по следующим направлениям: улучшение технического уровня и состояния транспортных средств; повышение качества ДС и качества управления дорожным движением; широкое внедрение архитектурно-планировочных мероприятий и т. п.

*Аварийные потери* – совокупность потерь от ДТП любых видов и тяжести их последствий, в том числе от повреждения транспортных средств, искусственных сооружений и инфраструктуры дорог, порчи или утраты грузов, потери на месте ДТП, от вовлечения людей в ДТП [со смертельным исходом, с ранением, повлекшим (или не повлекшим) инвалидность], оформления и выделения дел о ДТП. Упрощенная схема аварийных потерь представлена в приложении Б.

Важным отличием данного вида потерь от экономических и экологических является то, что они ложатся на плечи конкретных участников движе-

ния, зачастую неподъемным и трагическим горем. Однако мало кто из нас задумывается над ними, а тем паче над их минимизацией (хотя бы с помощью своего законопослушного поведения) до тех пор, пока эти потери не коснутся конкретно нас.

*Социальные потери* связаны с нарушением прав и свобод человека, закононепослушанием и духовным развращением личности. Процесс управления дорожным движением имеет яркую социальную направленность, т. к. он состоит в управлении «конкретными» людьми, составляющими пешеходные и транспортные потоки. Следовательно, напрашивается вывод: процесс управления дорожным движением представляет собой процесс регулирования отношений участников в сфере дорожного движения.

Как правило, причинами социальных потерь являются: неподчинение участников движения установленным нормам ПДД и другим актам, нелепость или невыполнимость отдельных положений этих норм в конкретно взятой ситуации, некомпетентность или недобросовестность некоторых из должностных лиц контролирующих органов, безнаказанность и бесконтрольность отдельных лиц и т. д.

Таким образом, источниками социальных потерь в дорожном движении являются противоречия, заключающиеся в том, что неравные группы участников процесса движения должны взаимодействовать между собой и подчиняться практически единым нормам. Выделяют следующие *виды отношений между участниками дорожного движения*: государственные структуры<sup>1)</sup> – водители; водители – государственные структуры; государственные структуры – пассажиры; государственные структуры – пешеходы; пешеходы – государственные структуры; водители – водители; водитель – пассажиры; водители – пешеходы; пассажиры – пассажиры; пешеход – пешеход.

## **4.4 Способы повышения безопасности движения путем совершенствования характеристик дорог**

### **4.4.1 Совершенствование параметров элементов поперечного профиля дороги**

Накопленный опыт статистического анализа аварийности свидетельствует о существенном влиянии, которое оказывают параметры элементов поперечного профиля автомобильных дорог на риск ДТП:

– число полос движения;

---

<sup>1)</sup> Под *государственными структурами* понимаются законодатели, устанавливающие нормативы и показатели работы дорожного транспорта, персонал организации, непосредственно влияющих на функционирование дорожного движения, контрольно-надзорные структуры, работники которых имеют контакты с участниками дорожного движения [49].

- наличие и ширина разделительной полосы;
- ширина проезжей части и полос движения;
- ширина обочин с учетом их укрепления;
- соотношение ширины мостов (путепроводов) и ширины проезжей части дорог на смежных с ними участках и др.

По результатам исследований в области повышения безопасности дорожного движения выяснено, что существенное влияние на аварийность оказывает число полос движения (рисунок 4.16).

#### Увеличение числа полос движения

Из приведенного рисунка 4.16 видно, что средняя аварийность снижается с увеличением числа полос движения на автомобильных дорогах. Более высокая аварийность по сравнению с двухполосными автомобильными дорогами наблюдается на трехполосных (без соответствующей разметки проезжей части) и четырехполосных (без разделительной полосы) дорогах.

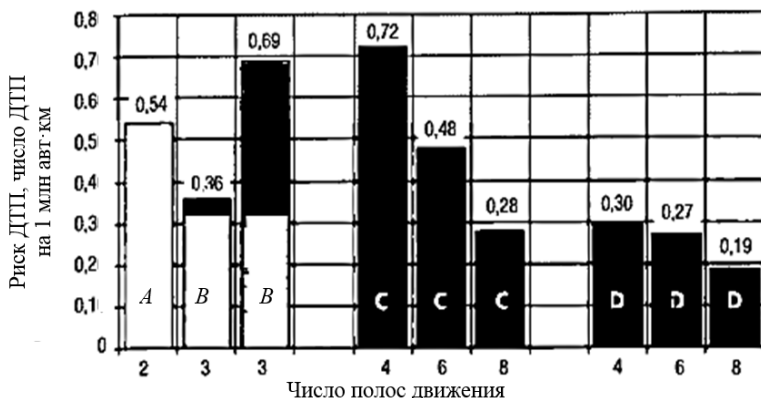


Рисунок 4.16 – Обобщенные данные оценки показателя риска ДТП на участках автомобильных дорог различного типа вне застроенной территории [64]:

*A* – трехполосные с разметкой проезжей части; *B* – трехполосные без разметки (или разметка проезжей части в неудовлетворительном состоянии);  
*C* – многополосные без разделительной полосы; *D* – многополосные с разделительной полосой

Результаты изучения относительного риска ДТП на дорогах с разным числом полос показаны в таблице 4.9.

В процессе исследований безопасности дорожного движения получены данные, с помощью которых возможно оценить эффективность увеличения числа полос движения на автомобильных дорогах (таблица 4.10).

Таблица 4.9 – Зависимость относительного риска ДТП от числа полос движения

Число полос движения	Относительный риск ДТП, в долях	
	по данным ФГУП «РОСДОРНИИ» [69]	по данным В. Ф. Бабкова [39]
2	1,0	1,0
3	0,67–1,3 (в зависимости от наличия и состояния разметки)	1,5
Без разделительной полосы		
4	1,33	1,5
6	0,89	–
8	0,52	–
С разделительной полосой		
4	0,56	0,66
6	0,50	–
8	0,35	–

*Примечание* – Число ДТП на двухполосных автомобильных дорогах принято за единицу.

Таблица 4.10 – Эффективность увеличения числа полос движения [64]

Увеличение числа полос движения	Снижение показателя риска, %
Без устройства разделительной полосы	
С 2 до 4	–16,7
» 4 » 6	–34,0
» 6 » 8	–17,6
С устройством разделительной полосы	
С 2 до 4	–44,4
» 4 » 6	–40,0
» 6 » 8	–44,1

Проанализировав данные таблицы 4.10, можно сделать вывод о высокой эффективности устройства разделительной полосы при увеличении числа полос движения, что позволяет сделать заключение о том, что снижение аварийности в данном случае происходит в среднем в два раза.

**Ширина разделительной полосы** существенным образом влияет на уровень аварийности. Результаты многочисленных исследований, в том числе и зарубежных, показывают снижение риска ДТП при увеличении ширины разделительной полосы до 12 м и более. Данный факт подтверждает и зависимость, представленная на рисунке 4.17. Эта зависимость свидетельствует о том, что существенное сокращение риска ДТП наблюдается уже при ширине разделительной полосы в 3–4 м, а при ее величине более 6–7 м это сокращение становится менее заметным.



К числу основных параметров поперечного профиля автомобильных дорог, оказывающих значимое влияние на риск ДТП, следует отнести ширину проезжей части дорог. Влияние ширины полосы движения на показатели аварийности имеет противоречивый характер и может способствовать как сокращению, так и увеличению аварийности в зависимости от конкретных условий.

#### Ширина проезжей части и полос движения

Основное положение таково: *по мере увеличения ширины проезжей части относительный риск ДТП снижается*. Однако, как показали исследования в ряде стран, «полезное» увеличение ширины проезжей части наблюдается только до параметров, указанных в нормах проектирования, при их превышении риск ДТП сначала стабилизируется, а потом и возрастает [75]. Так, при увеличении ширины проезжей части двух- и трехполосных дорог более 8 и 12 м соответственно наблюдается постепенный рост аварийности. Аналогичный характер представляют и зависимости риска ДТП от ширины полосы движения на многополосных автомобильных дорогах. Из рисунка 4.18 видно, что наблюдаются сходные зависимости риска ДТП от ширины полосы движения: сначала с увеличением ширины риск снижается, а затем – наоборот. Исключение составляют многополосные автомобильные дороги без разделительной полосы, для которых характерен повышенный средний уровень аварийности. Для указанного типа автомобильных дорог допускается даже уменьшать ширину полосы движения по сравнению с действующими нормами, что способствует формированию у водителей модели поведения с преобладанием мотива безопасности над мотивом скорости.

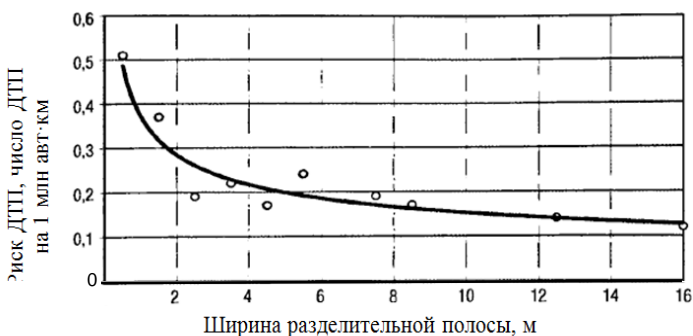


Рисунок 4.17 – Зависимость риска ДТП от ширины разделительной полосы на многополосных автомобильных дорогах [64]

Следовательно, с позиции назначения мероприятий по повышению безопасности движения за счет расширения проезжей части следует рассматривать те из них, которые направлены на приведение ширины проез-

жей части и полос движения в соответствии с нормативными требованиями, поскольку они, в свою очередь, отвечают критерию минимального риска ДТП. Эффективность мероприятий повышения безопасности дорожного движения при увеличении ширины проезжей части и ширины полосы движения, приведена в таблицах 4.11 и 4.12.



Рисунок 4.18 – Зависимость риска ДТП от ширины полосы движения на многополосных автомобильных дорогах [64]:  
1 – без разделительной полосы; 2 – с разделительной полосой

Таблица 4.11 – Эффективность увеличения ширины проезжей части [71]

Увеличение ширины проезжей части по типам автомобильных дорог, м	Снижение показателя риска ДТП, %
Двухполосные	
С 6 до 7,5	–30,0
» 7 » 7,5	–5,4
Трехполосные	
С 8,5 до 11,25	–55,6
» 9,0 » 11,25	–50,0
» 10 » 11,25	–39,3
» 10,5 » 11,25	–20,0

Таблица 4.12 – Эффективность увеличения ширины полосы движения [71]

Увеличение ширины полосы движения по типам автомобильных дорог, м	Снижение показателя риска ДТП, %
Многополосные без разделительной полосы	
С 2,5 до 3,0	–45,0
» 2,75 » 3,0	–29,8
Многополосные с разделительной полосой	
С 2,75 до 3,75	–65,2
» 3,0 » 3,75	–48,9
» 3,5 » 3,75	–8,0

К параметрам поперечного профиля автомобильных дорог, оказывающих существенное влияние на аварийность, относится ширина обочин и их укрепление. Проведенные исследования в данной области [71] показывают, что при оценке влияния ширины обочины на показатели аварийности следует одновременно учитывать и тип автомобильной дороги, и наличие укрепления обочин. Результаты оценки показателя риска ДТП на участках автомобильных дорог с различной шириной обочин позволяют сделать вывод, что его влияние существенно возрастает при ширине обочин менее 2,0–2,5 м на всех типах дорог. При большей ширине обочин риск ДТП постоянно убывает по мере увеличения ширины обочин, а затем стабилизируется на определенном уровне, зависящем от типа автомобильной дороги и укрепления обочин (рисунки 4.19–4.22).

#### Ширина обочин, их укрепление

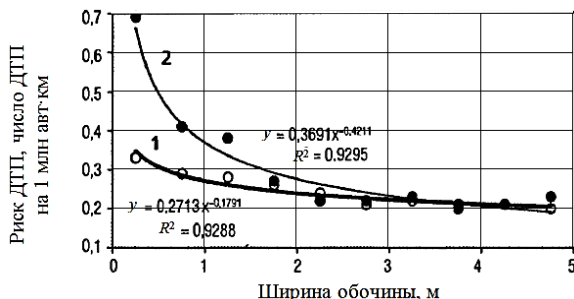


Рисунок 4.19 – Зависимость риска ДТП от ширины и наличия укрепления обочин на двухполосных дорогах [64]:

1 – укрепленные обочины; 2 – неукрепленные обочины

Тенденция зависимостей, представленных на рисунках 4.19–4.22, свидетельствует о наличии минимальной ширины укрепленных обочин, при увеличении которой дальнейшее снижение риска ДТП не наблюдается.



Рисунок 4.20 – Зависимость риска ДТП от ширины и наличия укрепления обочин на трехполосных дорогах [64, 71]:

1 – укрепленные обочины; 2 – неукрепленные обочины

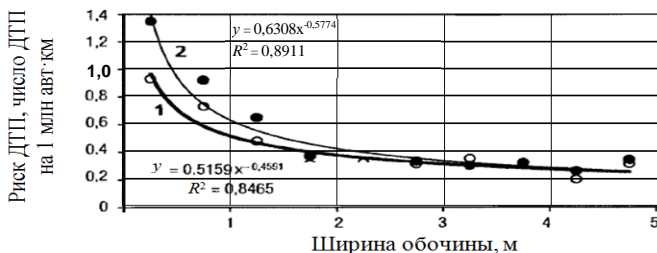


Рисунок 4.21 – Зависимость риска ДТП от ширины и наличия укрепления обочин на многополосных дорогах без разделительной полосы [64, 71]:

1 – укрепленные обочины; 2 – неукрепленные обочины

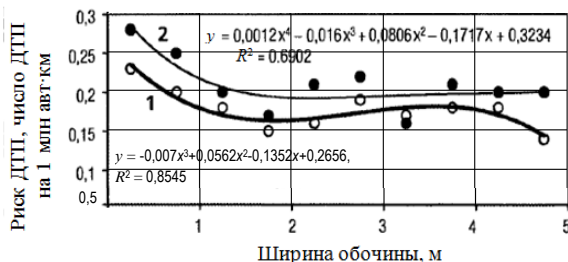


Рисунок 4.22 – Зависимость риска ДТП от ширины и наличия укрепления обочин на многополосных дорогах с разделительной полосой [64, 71]:

1 – укрепленные обочины; 2 – неукрепленные обочины

Анализ зависимостей, показанных на рисунках 4.19–4.22, свидетельствует, что наличие укрепления обочин приводит к существенному снижению риска ДТП, особенно при малой ширине обочин на двухполосных автомобильных дорогах. На трехполосных дорогах устройство укрепленных обочин имеет наиболее высокую эффективность с позиции влияния на безопасность движения независимо от ширины обочин. Вместе с тем для многополосных автомобильных дорог без разделительной полосы для обеспечения высокого уровня безопасности движения требуется большая ширина обочин, чем предусмотрено нормами. Данное обстоятельство следует рассматривать в качестве мероприятия, компенсирующего повышенный риск ДТП на автомобильных дорогах данного типа, особенно в условиях движения плотных ТП. Эффективность мероприятий по уширению обочин автомобильных дорог оценивается с помощью данных, приведенных в таблице 4.13.

Таблица 4.13 – Эффективность увеличения ширины обочины [71]

Тип автомобильной дороги	Снижение показателя риска ДТП при уширении укрепленных обочин, %			
	от 0,5 м до рекомендуемых значений	от 1,0 м до рекомендуемых значений	от 1,5 м до рекомендуемых значений	от 2,0 м до рекомендуемых значений
Двухполосные	-33,3	-28,6	-20,0	-16,7
Трехполосные	-63,6	-50,0	-28,6	-16,7
Многополосные без разделительной полосы	-72,5	-62,1	-45,0	-38,8
Многополосные с разделительной полосой	-28,6	-16,7	-14,3	-11,8

Важное значение при выборе величины уширения имеет психологическое воздействие состояния обочин на водителя. Неукрепленные обочины в период дождей способствуют загрязнению проезжей части, а в период снегопадов – образованию снежных отложений на прикромочных полосах, и тем самым приводят к сокращению эффективной ширины проезжей части и укрепленной поверхности дороги.

В соответствии с зависимостью коэффициента аварийности от ширины проезжей части и состояния обочин (рисунок 4.23) можно сделать вывод, что рост уровня аварийности наблюдается уже с 9 и 7 м ширины проезжей части соответственно для неукрепленной и укрепленных обочин.

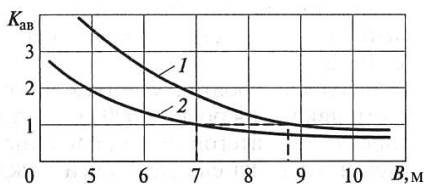


Рисунок 4.23 – Зависимость относительного коэффициента аварийности от ширины проезжей части и состояния обочин [44]:  
1 – неукрепленные обочины;  
2 – укрепленные обочины

Необходимо отметить также, что существенный рост аварийности начинается с ширины проезжей части 6,5 и 5 м для неукрепленной и укрепленной обочин соответственно.

При ширине проезжей части мостов (путепроводов), равной или меньшей ширине проезжей части автомобильной дороги, на подходах возрастает риск ДТП в связи с увеличением вероятности встречных столкновений транспортных средств ввиду смещения автомобилей к оси проезжей части при движении по узким мостам (путепроводам) [39]. Мосты (путепроводы), которые уже, чем проезжая часть автомобильной дороги, увели-

чивают риск ДТП. При этом увеличение ширины мостов до ширины проезжей части автомобильной дороги снижает общее количество ДТП на таких участках на 30 %. ФГУП «РОСДОРНИИ» участки мостов и прилегающие к ним участки автомобильных дорог были классифицированы в зависимости от соотношения ширины проезжей части на мостах и на подходах. Для каждой такой группы были определены показатели риска ДТП (рисунок 4.24).

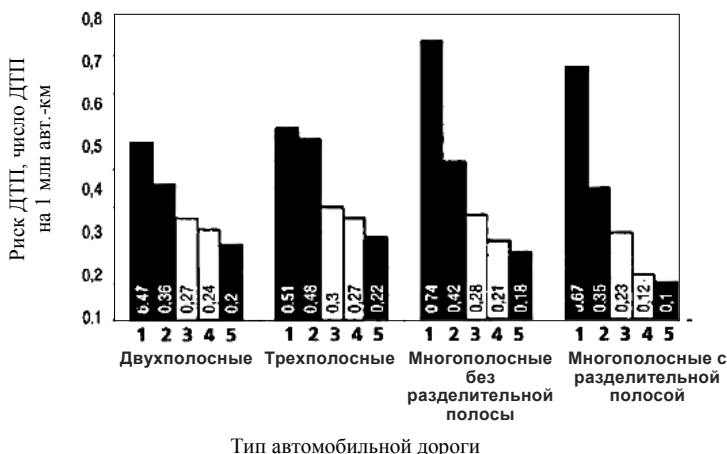


Рисунок 4.24 – Оценка показателя риска ДТП на участках мостов и в зоне их влияния на автомобильных дорогах различного типа при ширине проезжей части дороги [64]:

- 1 – меньше на 1 м; 2 – равна; 3 – шире на 1 м; 4 – шире на 2 м;  
5 – равна ширине земляного полотна (ширина проезжей части и обочин)

Степень влияния рассматриваемого фактора дорожных условий на безопасность движения различна и определяется типом автомобильных дорог. На многополосных дорогах (для которых характерна более высокая скорость) сужение проезжей части на мостах (путепроводах) способствует существенному увеличению риска ДТП, а сам этот показатель аварийности оказывается более чувствителен к изменению соотношения ширины проезжей части на мостах (путепроводах) и на участках дорог на подходах.

Оценка эффективности мероприятий по уширению мостов представлена в таблице 4.14.

Таблица 4.14 – Эффективность уширения проезжей части на мостах [64]

Тип уширения моста (путепровода)	Снижение показателя риска ДТП на участках мостов (путепроводов) с подходами на автомобильных дорогах различного типа, %		
	двухполосные	многополосные без разделительной полосы	многополосные с разделительной полосой
До ширины проезжей части	-3,6	-31,4	-53,9
С равной или до большей, чем ширина дороги, на 1 м	-11,1	-4,2	-34,3
С равной или до большей, чем ширина дороги, на 2 м	-18,5	-12,5	-68,6
С равной ширине проезжей части на подходах до ширины земляного полотна дороги	-25,9	-25,0	-71,4

#### 4.4.2 Совершенствование параметров элементов продольного профиля дороги

Существенное влияние на аварийность оказывают параметры элементов продольного профиля автомобильной дороги, к числу которых относятся:

- величина продольного уклона;
- протяженность продольного уклона;
- частота изменения продольного профиля трассы;
- сочетание параметров продольного профиля и плана трассы автомобильных дорог и др.

Общая тенденция зависимости такова: риск ДТП увеличивается с увеличением значения продольного уклона. Обобщение исследований (в том числе и зарубежных) позволяет сделать вывод, что при диапазоне продольного уклона от 15 до 25 % наблюдаются минимальное значение аварийности.

Зависимость аварийности от величины продольного уклона и интенсивности движения (рисунок 4.25) показывает, что с увеличением интенсивности движения аварийность снижается, что объясняется ростом плотности ТП, сокращением числа обгонов и снижением скорости движения.

Согласно приведенному графику при интенсивности движения более 7000 авт./сут, с 50 % продольного уклона и выше наблюдается некоторое снижение риска аварийности. При меньшей интенсивности аналогичная зависимость имеет место при величине продольного уклона 80 % и более,

что опять же является результатом снижения скорости движения ввиду повышенной опасности, а также большого значения уклона.

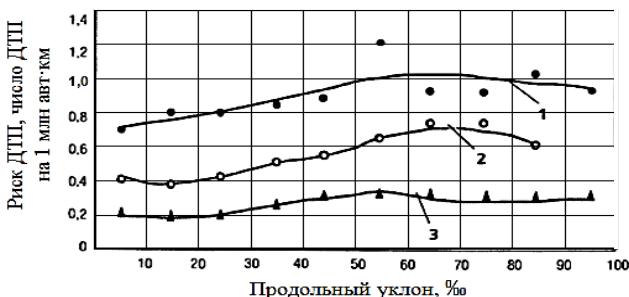


Рисунок 4.25 – Зависимость риска ДТП от величины продольного уклона на двухполосных автомобильных дорогах при интенсивности движения [64]:  
1 – 1000–3000 авт/сут; 2 – 3000–7000 авт/сут; 3 – более 7000 авт/сут

Оценка эффективности снижения величин продольного профиля представлена в таблице 4.15.

Таблица 4.15 – Эффективность уменьшения значений продольного уклона [64, 72]

Уменьшение продольного уклона, ‰	Снижение показателя риска ДТП по типам автомобильных дорог, ‰		
	многополосные с разделительной полосой	многополосные без разделительной полосы	двухполосные
С более 70 до 50–70	–23,3	–25,0	–20,8
С 5–70 до 30–50	–33,5	–38,7	–26,3
» 30–50 » 20–30	–15,4	–15,7	–14,3
» 20–30 » 10–20	–13,6	–12,5	0

Уровень аварийности зависит не только от абсолютного значения продольного уклона, но и от его протяженности (рисунок 4.26). Согласно усредненным данным исследований риск ДТП возрастает на участках с короткими уклонами длиной менее 100–125 м на двухполосных дорогах и менее 50–100 м – на многополосных. Причина состоит в том, что такие изменения являются неожиданными для водителей и вызывают необходимость в резком изменении скорости автомобиля, что, естественно, приводит к ДТП. Что касается затяжных подъемов, то на них по данным обстоятельствам риск ДТП меньше.

#### Протяженность продольного уклона





Рисунок 4.26 – Зависимость показателя риска ДТП от протяженности участков дорог различного типа с величиной продольного уклона более 40 % [64]:

1 – многополосные с разделительной полосой; 2 – многополосные без разделительной полосы; 3 – двухполосные

Вместе с тем протяженность затяжных уклонов оказывает влияние на аварийность не только на участках подъемов и спусков, но и непосредственно за их пределами в зонах влияния, причем средние значения показателя аварийности здесь оказываются выше, чем в пределах уклонов. Исходя из результатов анализа, установлено, что риск ДТП на смежных участках с подъемами (спусками) имеет тенденцию к росту с увеличением их протяженности. Зависимости, изображенные на рисунках 4.26 и 4.27, свидетельствуют, что существует область оптимальной протяженности участков подъемов (спусков), на которой уровень аварийности будет минимальным. Такая область согласно исследованиям находится в пределах от 100 до 300 м в зависимости от типа дорог и величины продольного уклона.

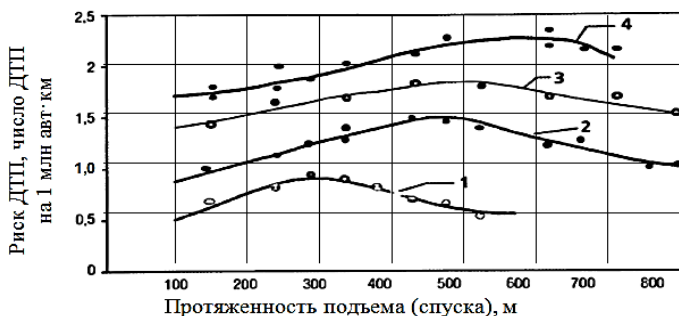


Рисунок 4.27 – Зависимость показателя риска ДТП на участках со смежными подъемами (спусками) от их протяженности при величине продольного уклона [64]:

1 – менее 40 %; 2 – 40–60 %; 3 – 60–80 %; 4 – более 80 %

Существенную роль в формировании уровня безопасности движения играет также количество изменений направления продольных уклонов на единицу протяженности автомобильных дорог (как правило, это один километр). Частые изменения направления продольного профиля формируют неравномерный режим движения ТП, вынуждают водителя выполнять обгоны в стесненных условиях при ограниченной видимости на выпуклых вертикальных кривых малого радиуса, что, само собой, существенно повышает аварийность. Согласно исследованиям влияния данного параметра на аварийность было определено, что наибольшую опасность представляют участки автомобильных дорог, где имеется более трех изменений направления продольного уклона на 1 км дороги (рисунок 4.28).

#### Частота изменения продольного профиля трассы

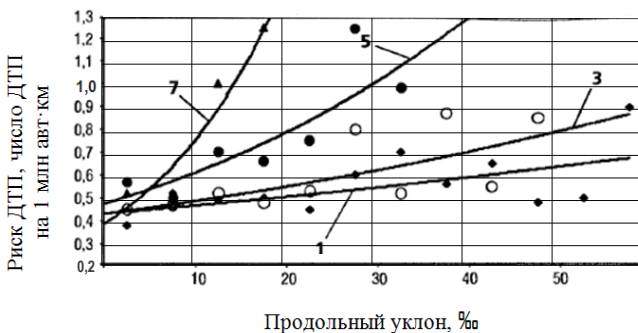


Рисунок 4.28 – Зависимость показателя риска ДТП от количества изменений направления продольного профиля [64]  
(цифры на кривых обозначают количество изменений направления продольного профиля на 1 км автомобильной дороги)

Одним из важных условий обеспечения безопасности движения является правильное и рациональное сочетание общих параметров плана и продольного профиля трассы. Сведения, касающиеся неблагоприятных сочетаний параметров плана и продольного профиля, должны использоваться как при проектировании дороги, так и при ее эксплуатации для назначения мероприятий по их ликвидации, а если это не представляется возможным, то для «компенсации» увеличенной аварийности.

Оптимизация кривизны плана и продольного профиля трассы дороги при проектировании должна способствовать повышению уровня безопасности, а на стадии эксплуатации нуждается в обязательном и тщательном учете при организации дорожного движения.

#### Сочетание параметров продольного профиля и плана

Перечень неблагоприятных случаев такого сочетания и приемы их управления изображены на рисунке 4.48.

#### **4.4.3 Мероприятия по улучшению условий движения в продольном профиле**

Участки дорог с большими продольными уклонами нередко характеризуются большим количеством ДТП, связанных с возрастанием взаимных помех автомобилей в ТП из-за различия транспортных средств в динамических качествах, техническом состоянии, степени загрузки и т. п. Причинами происшествий на затяжных подъемах и спусках, как правило, являются [37, 47]:

- попытки обгона тихоходного транспорта, медленно поднимающегося на подъем, приводящие к столкновениям со встречными автомобилями. При этом они выезжают в верхней части подъема на полосу встречного движения в условиях недостаточной видимости на вертикальных кривых;
- съезды с дороги автомобилей на спусках из-за неисправности тормозной системы;
- съезды с дороги на поворотах в нижней части спусков из-за превышения допустимой скорости на кривых и др.

Повышение безопасности движения на подъемах может быть достигнуто за счет смягчения продольного уклона или увеличения радиуса выпуклых вертикальных кривых в верхней части подъемов. Для улучшения условий движения на автомобильных дорогах применяют:

- уширение проезжей части за счет обочин в верхней части подъема в пределах вертикальной кривой;
- устройство на кривых малых радиусов разделительного островка шириной до 1 м;
- увеличение радиусов вертикальных кривых в соответствии со скоростями движения.

Значительно улучшают условия движения на подъемах устройство на проезжей части дополнительной третьей полосы шириной 3,5–3,75 м для грузовых автомобилей и автопоездов – тихоходных транспортных средств, что обеспечивает безопасность их обгона легковыми автомобилями (рисунок 4.29).

При высокой интенсивности движения в некоторых случаях становится необходимым устраивать на дорогах с двумя полосами движения вторую дополнительную полосу на съезде, т. к. полосу для идущих на подъем легковых автомобилей начинают использовать для обгона автомобилей, движущихся на спуск.

Для эффективности использования дополнительных полос обязательна разметка проезжей части, выделяющая сплошной линией полосу для дви-

жения на спуск и штриховой – полосы движения на подъеме. У начала подъема на правой полосе покрытия необходимо нанесение разметки, указывающей переход на дополнительную полосу.

Рисунок 4.29 – Устройство двух полос для движения на подъем и одной полосы для движения на спуск [37]



Довольно часто применяемой мерой обеспечения безопасности движения на затяжных спусках является повышение шероховатости дорожных покрытий, установка ограждений и предупредительных знаков.

На затяжных спусках следует предусматривать так называемые *аварийные съезды* (или улавливающие карманы, или тормозные тупики) (рисунок 4.30).

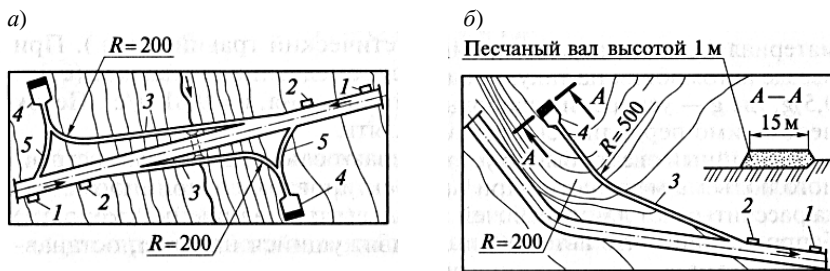


Рисунок 4.30 – План расположения аварийных съездов в холмистой местности [44]:

- а – на участке встречных уклонов; б – на внутренней части кривой; 1 – основной знак;
- 2 – дублирующий знак; 3 – встречный уклон (100–120 ‰, длиной 300–400 м);
- 4 – площадка для остановки и разворота автомобилей; 5 – выезд на основную дорогу

На рисунке 4.31 приведен пример аварийного съезда.

Аварийные съезды предназначаются для вывода автомобилей, потерявших управление из-за отказа тормозной системы на спуске, из ТП и предоставления им возможности для погашения скорости до безопасных пределов за счет повышенного сопротивления движению на съезде вплоть до остановки.

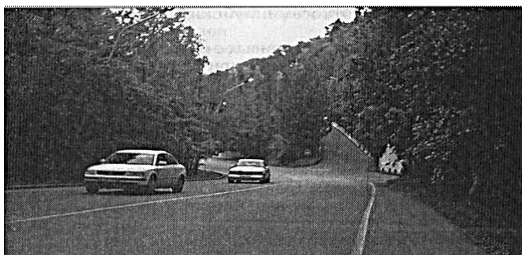


Рисунок 4.31 – Пример аварийного съезда [37, 44]

– *задерживающие*, когда торможение создается повышенным сопротивлением движению по рыхлому материалу (рисунок 4.32, в).

– *гравитационно-задерживающие* – в замедлении автомобиля участвуют оба фактора (наиболее применяемый в последнее время тип).

Аварийный съезд гравитационного типа представляет собой ответвляющийся от дороги, а лучше всего продолжающийся по ее направлению идущий на подъем тупик, при движении по которому расходуется кинетическая энергия скатившегося под уклон автомобиля. В конце тупика располагают площадку с повышенным сопротивлением качению из вспаханного грунта, слоя песка или гравийной насыпки.

Аварийные съезды задерживающего типа располагают параллельно дороге. Торможение создается вспашкой грунта постепенно возрастающей глубины или насыпкой слоя легкого керамзитового гравия или песка.

По месту расположения на продольном профиле различают также три вида аварийных съездов [44]:

Аварийные съезды бывают трех типов:

– *гравитационные*, на которых торможение создается сопротивлением движению на подъем за счет появления составляющей силы тяжести, действующей против направления движения (рисунок 4.32, а, б);

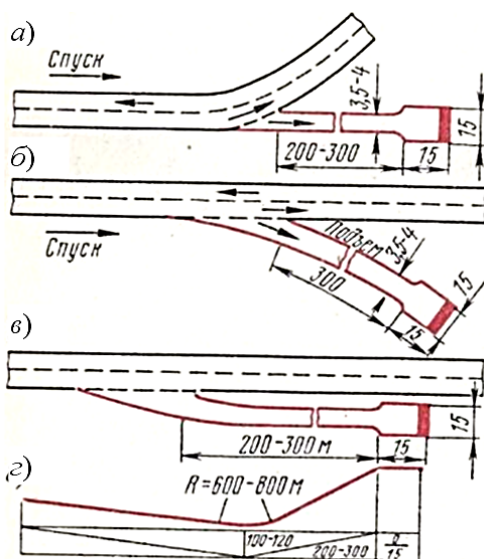


Рисунок 4.32 – Схема устройства аварийных съездов с дороги (размеры даны в метрах) [37]:

а, б – гравитационного типа;  
в – задерживающего типа;  
г – продольный профиль съезда гравитационного типа

- на встречном подъеме (гравитационный тип) длиной 80–200 м;
- горизонтальном участке (может располагаться на уширенной обочине или рядом с ней) длиной 120–300 м;
- спуске длиной 200–500 м.

Ширина аварийного съезда должна быть равной 3,5–4 м.

В конце съезда должна быть площадка размером 15x15 м для разворота автомобиля.

В качестве тормозящего материала, как уже упоминалось выше, применяют крупнозернистый песок слоем 20–30 см или другой рыхлый однородный материал (гравий, керамзит, синтетический гравий и т. п.).

Таким образом, при въезде автомобиля на такую полосу замедление составляет  $(0,3–0,5)g$ , где  $g$  – ускорение свободного падения,  $g = 9,81 \text{ м/с}^2$ . Если в качестве тормозящего материала применяется песок, то периодически его необходимо разрыхлять.

Аварийный съезд обычно устраивают с использованием встречного подъема местности. При проектировании аварийного съезда рассчитывают длину рабочей зоны (участка гашения скорости)  $L$  при условии, что автомобиль, движущийся накатом, остановится тогда, когда его кинетическая энергия будет израсходована на преодоление сил сопротивления движению (рисунок 4.33).

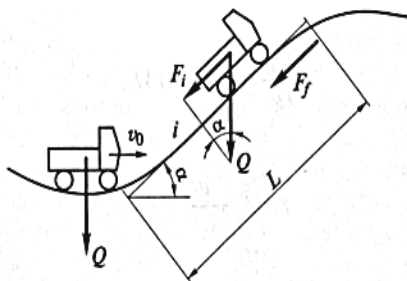
Рисунок 4.33 – Схема расчета длины рабочей зоны  $L$  аварийного съезда [44]:

$v_0$  – расчетная скорость автомобиля, км/ч;

$i$  – продольный уклон, ‰;  $\alpha$  – угол наклона, град;  $Q$  – сила тяжести автомобиля, Н;  $F_i$  – сопротивление от уклона, Н;

$F_f$  – сопротивление качению, Н;

$L$  – длина рабочей зоны, м



Следовательно, кинетическая энергия автомобиля, имеющаяся у него перед началом подъема, расходуется на преодоление сопротивления при движении на подъем, а именно: на преодоление уклона и на сопротивление качению.

Суммарная работа автомобиля при движении на подъем

$$A = (F_i + F_f)L = Q(f + i)L, \quad (4.28)$$

где  $f$  – сопротивление качению, для асфальтобетонного покрытия  $f = 0,02$ , для рыхлого грунта  $f = 0,04 \dots 0,05$ , керамзитового рыхлого гравия  $f < 0,45$ ;  $i$  – величина встречного уклона, ‰.

Автомобиль остановится, когда кинетическая энергия его полностью израсходуется, т. е.  $E = A$ , где  $E$  – величина кинетической энергии автомобиля. Таким образом, после некоторых манипуляций с подстановкой в формулу 4.28 получим

$$L = \frac{v_0^2}{254(f \pm i)}. \quad (4.29)$$

В ряде случаев не обязательно снижать скорость автомобиля, потерявшего управление, до полной остановки, а достаточно примерно до 30 км/ч, т. к. на ней у водителя уже больше шансов справиться с автомобилем [44]. В конце съезда практически всегда устраивают вал из песка или керамзита, и если автомобиль въедет в него, то, как показывают исследования, все завершится благополучно. Длина рабочей зоны съезда при этом сократится до расстояния

$$L = \frac{v_0^2 - v_1^2}{254(f \pm i)}, \quad (4.30)$$

где  $v_1$  – скорость автомобиля после ее гашения, км/ч.

На дорогах, где интенсивность движения не достигает максимальных значений, число остановок автомобилей на обочинах незначительно и необходимость устройства сплошной остановочной полосы отпадает, целесообразно устраивать площадки для остановки автомобилей (рисунок 4.34). Площадки устраивают попарно с обеих сторон автомобильной дороги так, чтобы они были сдвинуты относительно друг друга на 50–80 м таким образом, чтобы первой встречалась площадка по ходу движения автомобиля. Расстояние между площадками, расположенными с одной стороны проезжей части, принимают равным от 800 до 5000 м в зависимости от категории дороги.

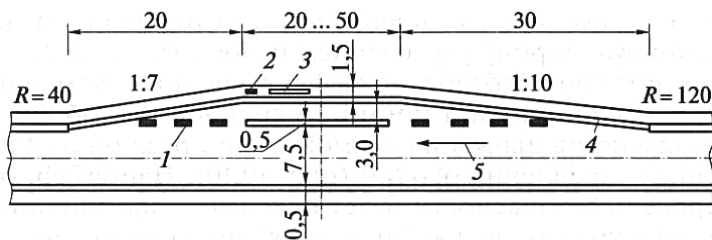


Рисунок 4.34 – Площадка для кратковременной или вынужденной остановки автомобилей (размеры даны в метрах) [44]:

- 1 – разметка; 2 – урна; 3 – скамейка; 4 – бордюр или укрепительная (краевая) полоса;
- 5 – направление движения автомобилей

Размеры площадок принимают по большей части вместимостью до трех автомобилей (т. е. длина 30–40 м), ширина – 3 м, длина полосы отгона – по 20–30 м или 1:10 – на въезде и 1:7 – на выезде.

#### 4.4.4 Совершенствования параметров элементов кривых в плане малого радиуса

Условия движения на кривых с радиусом более 2000 м мало отличаются от прямолинейных участков, при этом повышение уровня аварийности наблюдается на участках с кривыми радиусом менее 600 м, а на участках с кривыми менее 200 м имеет место существенный и резкий рост числа ДТП. Обобщенный анализ статистики аварийности показал, что наиболее чувствительными с точки зрения влияния радиусов кривых в плане на аварийность являются двухполосные дороги и многополосные дороги без разделительной полосы (рисунок 4.35).

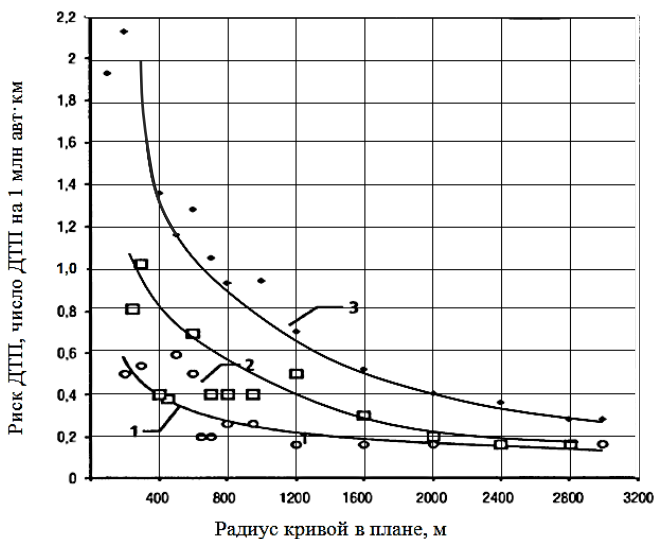


Рисунок 4.35 – Зависимость показателя риска ДТП от величины радиуса кривых в плане на дорогах различного типа [64]:  
 1 – многополосные с разделительной полосой;  
 2 – многополосные без разделительной полосы; 3 – двухполосные

Графики зависимостей, представленных на рисунке 4.36, показывают, что, начиная с величины радиусов кривых в плане менее 2400–1600 м, на двухполосных и многополосных дорогах без разделительной полосы наблюдается рост уровня ДТП. Что касается многополосных дорог с разделительной полосой, то аналогичные изменения уровня начинают проявляться при уменьшении радиусов кривых в плане, начиная с величины 1200 м.



Существенным образом на величину риска ДТП на кривых в плане влияет также и уровень загрузки дороги. В результате исследований были установлены зависимости аварийности на кривых в плане различного радиуса при разных уровнях загрузки дороги движением [73].

По результатам исследований получен результат о том, что на двухполосных дорогах с ростом коэффициента загрузки влияние величины радиусов кривых в плане на аварийность проявляется неоднозначно (рисунок 4.36). При уровне загрузки менее 0,2 рост уровня риска наблюдается, уже начиная с величины радиуса в плане менее 2800 м, при этом существенное увеличение имеет место при радиусах менее 1000 м, достигая критических значений на кривых с радиусом менее 300–400 м. Данные результаты объясняются повышенными скоростями движения.



Рисунок 4.36 – Зависимость показателя риска ДТП от величины радиуса кривых в плане на двухполосной дороге при уровне загрузки движением 0,2 [64]

При уровне загрузки дороги в пределах от 0,2 до 0,45 увеличение уровня аварийности начинается при величине радиусов менее 2400 м, а резкий рост – при радиусах менее 800 м (рисунок 4.37).

При уровне загрузки дороги в пределах от 0,45 до 0,70 увеличение уровня аварийности начинается при величине радиусов в плане менее 1000 м, а резкий рост – при радиусах менее 400–500 м (рисунок 4.38). При состоянии ТП с уровнем загрузки более 0,7 движение трансформируется в колонный характер, близкий к заторовому, при этом, как показали исследования, на риск ДТП оказывают влияние только кривые малого радиуса менее 400–500 м [64, 75].

Аналогичные результаты на многополосных дорогах без разделительной полосы показывают, что действие величины радиусов кривых в плане на риск ДТП начинается с кривых менее 3200–3500 м, при уровнях загрузки до 0,70. Что касается критических величин радиусов кривых в плане, то при уровне загрузки менее 0,2 он составляет 700 м, при уровне от 0,2 до 0,45 – 1200 м, от 0,45 до 0,70 – 1600 м. При уровне загрузки более 0,7 зависимость риска ДТП от величины радиуса кривых в плане отсутствует.

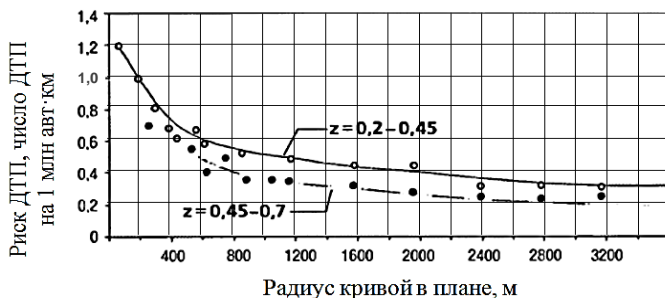


Рисунок 4.37 – Зависимость показателя риска ДТП от величины радиуса кривых в плане на двухполосной дороге при уровне загрузки движением 0,2–0,45 [64]

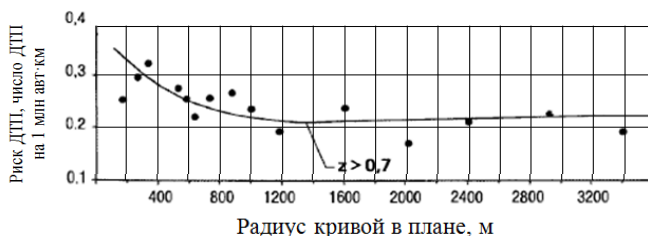


Рисунок 4.38 – Зависимость показателя риска ДТП от величины радиуса кривых в плане на двухполосной дороге при уровне загрузки движением 0,45–0,70 [64]

На многополосных дорогах с разделительной полосой последняя оказывает стабилизирующее влияние, и, как следствие, риск ДТП становится менее чувствительным к изменению радиуса кривых в плане. Таким образом, при уровне загрузки движением менее 0,2 влияние радиусов кривых в плане на риск ДТП начинается с радиусов менее 1000 м, а при уровне загрузки 0,2–0,45 и 0,45–0,70 – соответственно при радиусах кривых менее 1200 и 1600 м. При уровне загрузки более 0,7 данная зависимость отсутствует. Оценка эффективности увеличения радиусов кривых в плане показана в таблице 4.16.

Оценка эффективности внедрения мероприятий по устройству виража и виража с увеличением расстояния видимости представлена в таблице 4.17.

Таким образом, в современных условиях в связи с повышением динамических качеств автомобилей требования к радиусу кривых в плане как к параметру автомобильных дорог, влияющему на безопасность движения, возрастает.

Таблица 4.16 – Эффективность увеличения радиусов кривых в плане [64]

Увеличение радиуса кривой в плане, м	Снижение показателя риска ДТП по типам автомобильных дорог, %		
	многополосные с разделительной полосой	многополосные без разделительной полосы	двухполосные
С менее 200 до 200–400	–16,7	–13,6	–27,3
С 200–400 до 400–600	–20,0	–23,7	–25,0
С 400–600 до 600–1000	–37,5	–24,1	–25,0
С 600–1000 до 1000–2000	–40,0	–31,8	–44,4
С 1000–2000 до 3000	–33,3	–40,0	–70,0

Таблица 4.17 – Эффективность внедрения мероприятий по повышению безопасности движения на кривых в плане малого радиуса [39, 64]

Мероприятия	Снижение показателя риска ДТП по типам автомобильных дорог, %		
	двухполосные	многополосные без разделительной полосы	многополосные с разделительной полосой
Устройство виража	–47,0	–17,7	–
Устройство виража и увеличение расстояния видимости	–29,9	–37,2	–
<i>Примечание</i> – Прочерк в таблице означает отсутствие статистически значимого влияния данных мероприятий.			

#### 4.4.5 Мероприятия по улучшению условий движения на кривых малого радиуса в плане

Основной путь улучшения условий движения в кривых в плане и повышения безопасности – *увеличение их радиуса*, исходя из условия снижения влияния на транспортное средство, водителей и пассажиров коэффициента поперечной силы при проезде с той же скоростью, что и на прилегающих участках, а также *повышения расстояния видимости*.

При невозможности увеличения радиуса кривой или устройства срезки видимости одним из способов повышения безопасности движения является *разграничение движения по направлениям*, исключая заезд автомобилей на полосу встречного движения путем устройства возвышающегося островка. Этот способ, повышая безопасность, одновременно не увеличивает скорость движения. На рисунке 4.39 показан пример исправления аварийного участка, где в кривой, расположенной за узким малым мостом, возникало раньше много ДТП. После устройства на более низком

уровне второй проезжей части и разделения движения по направлениям участок стал безопасным.

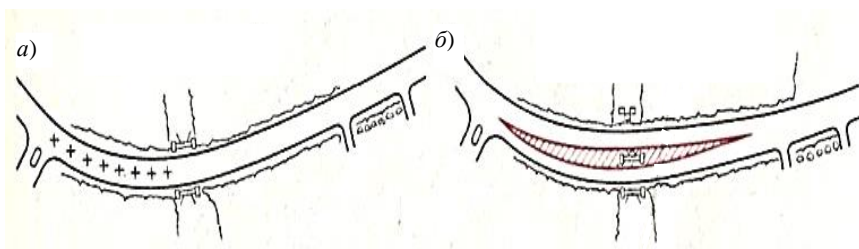


Рисунок – 4.39 – Разделение движения на кривой по направлениям [37, 39]:

*a* – план дороги до реконструкции; *б* – план дороги после реконструкции

(«+» – количество происшествий имевших место,

«O» – места их возникновения)

На рисунке 4.40 приведен пример устройства разделительного островка на кривой малого радиуса.

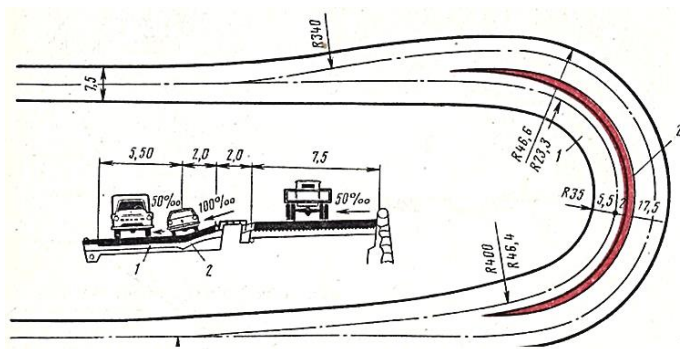


Рисунок 4.40 – Разделительная полоса на кривой [37]:

1 – основная проезжая часть; 2 – дополнительный вираж

Четкое разделение полос движения эффективно и на S-образных участках дорог. На рисунке 4.41 показано, как организация движения на пересечении с железной дорогой была существенно улучшена постройкой второго пролета путепровода и устройством разделительной полосы.

Трехскатный вираж (рисунок 4.42) повышает безопасность движения не только увеличением эффективного поперечного уклона виража, но и увеличением зазора между встречными автомобилями из-за смещения их к краю проезжей части.

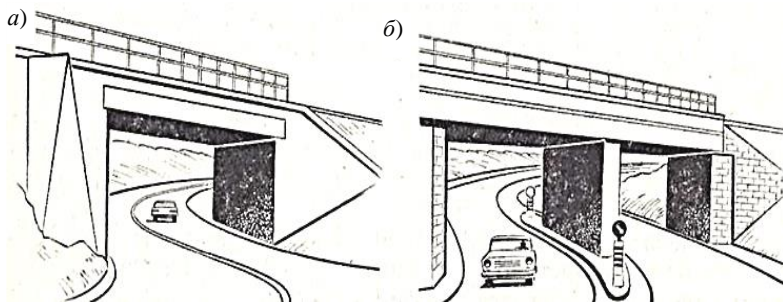


Рисунок 4.41 – Улучшение условий движения на участке пересечения с железной дорогой в разных уровнях [37]:  
 а – до реконструкции; б – после реконструкции

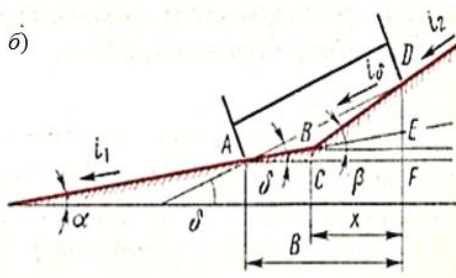
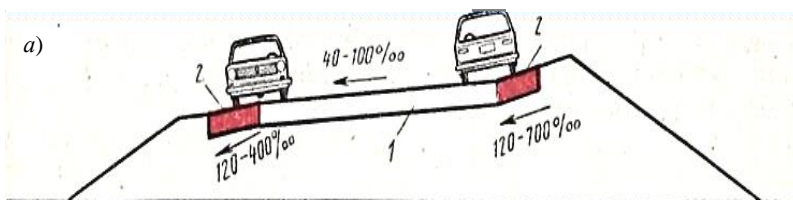


Рисунок 4.42 – Выраж с трехскатным поперечным профилем [37, 39]:  
 а – конструкция; б – схема для определения угла наклона оси автомобиля на выраже;  
 1 – основная проезжая часть; 2 – дополнительный выраж

Кроме того, наклоненная под большим углом внешняя боковая полоса выража служит дополнительной защитой от заноса автомобиля. Быстроходные автомобили проезжают выраж так, что внутренние колеса проходят по основному выражу, а наружные – по дополнительному.

## 4.5 Принципы безопасного проложения трассы на местности

### 4.5.1 Ландшафтное проектирование. Трассирование дороги в увязке с окружающим ландшафтом

Для сохранения окружающего ландшафта и обеспечения безопасности движения при проложении дороги используются **принципы ландшафтного проектирования**.

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

*Цель ландшафтного проектирования* – создание дороги, обеспечивающей удобство и безопасность движения и не являющейся утомительной для водителей и пассажиров, способствующей сохранению цельности живописного ландшафта [37, 41].

Такое проектирование позволяет прокладывать дороги не только не нарушая сложившихся природных ландшафтов, но и способствуя их украшению. Ландшафтное проектирование, как правило, приводит к снижению строительной стоимости дороги за счет уменьшения объемов земляных работ.

Плавное включение дороги в окружающую местность повышает удобство движения, помогает лучше раскрыть перед едущими красоту природы, а также устранить вызванные проложением дороги нарушения закономерностей природного ландшафта. Такие дороги наиболее безопасны для движения, не утомительны для водителей и пассажиров и поэтому имеют лучшие транспортно-эксплуатационные показатели.

«Согласование» дороги с ландшафтом должно основываться на соответствии элементов дороги элементам ландшафта и проложении трассы с учетом закономерностей их сочетания. Дорога хорошо сочетается с ландшафтом, если она проложена по граничной зоне его элементов (у подножья холмов, по опушкам лесов, по террасам речных долин) или вдоль естественной оси ландшафта (например, водотока). При этом необходимо ориентироваться на имеющиеся в каждом ландшафте основные характеризующие его элементы. *Дорога должна сочетаться с крупными определяющими линиями ландшафта*, не считаясь со множеством малых и мельчайших складок местности, пересечения которых могут быть сглажены устройством

пологих откосов земляного полотна. Несоблюдение этого правила приводит к нарушению пространственной плавности трассы.

Холмистый ландшафт складывается из крупных элементов рельефа. Для сокращения объемов земляных работ целесообразно проложение трассы в виде плавной извилистой линии, вписанной в рельеф и расположенной в переходной зоне между крупными элементами ландшафта [37, 41].

Чем выше категория дороги и шире земляное полотно, тем с более крупными элементами рельефа должна увязываться дорога. Влияние пересекаемых дорогой небольших впадин и отрогов холмов следует устранять планировочными работами и плавным сопряжением земляного полотна с прилегающей местностью путем устройства обтекаемых откосов. Нарушение принципа сочетания элементов плана и профиля между собой и с элементами ландшафта в условиях холмистого ландшафта, как правило, резко выделяется, поскольку с возвышенных участков дорога обычно бывает открыта для обзора на большом протяжении.

Во всех формах ландшафта важным элементом сочетания дороги с окружающей местностью является земляное полотно. Принцип увязки дороги с ландшафтом требует, чтобы дорога не выделялась резко на общем фоне местности. Поэтому при ландшафтном проектировании земляному полотну придают поперечный профиль с округленными очертаниями пологих поперечных откосов, плавно переходящих в поверхность окружающих элементов рельефа. Вместо глубоких канав устраивают широкие мелкие лотки. При пологих обтекаемых откосах повышается безопасность движения, поскольку при отсутствии боковых канав автомобиль, потерявший управление, может съехать по пологому откосу с насыпи на прилегающую полосу отвода. Обеспечивается также лучшее обтекание земляного полотна снеговетровым потоком, и снег переносится через автомобильную дорогу, не откладываясь на проезжей части.

Общими чертами различных конструкций обтекаемого земляного полотна являются [41]:

- пологое заложение откосов насыпей. Коэффициент заложения откосов принимают тем большим, чем ниже насыпь. У малых насыпей откосы делают с заложением до 1:5–1:6;

- устройство насыпей с ломаными откосами, крутизна которых уменьшается через 1–1,5 м по высоте по мере приближения к подошве;

- плавное сопряжение откосов выемок и подошвы насыпей с прилегающей поверхностью грунта осуществляется с помощью круговых кривых радиусом 5–10 м и др.

Следовательно, ландшафтное проектирование автомобильных дорог включает в себя ряд совместно решаемых задач:

1) соблюдение требований к плавному сочетанию между собой элементов трассы в целях обеспечения высоких уровней удобства и безопасности движения автомобилей с высокими скоростями;

2) обеспечение «зрительного ориентирования» водителя, т. е. ясности в направлении дороги на достаточно больших расстояниях и даже за пределами фактической видимости, чтобы при движении водитель не мог встретиться с неожиданным для себя изменением дорожных условий, требующим резкого изменения режима движения. Видимые участки дороги и придорожной полосы должны заблаговременно подсказывать водителю изменения направления движения за пределами фактической видимости;

3) проложение трассы дороги и назначение ее элементов таким образом, чтобы не возникали зрительные искажения вида отдельных участков в перспективе и у водителя не создавалось бы впечатления, что впереди имеются необоснованно крутые изломы дороги;

4) обеспечение плавного вписывания дороги в ландшафт местности для повышения удобства движения, лучшего раскрытия перед участниками движения красоты природы, устранения нарушений дорожной закономерностей сложившегося придорожного ландшафта, соблюдение требований охраны окружающей среды;

5) сохранение исторических и культурных памятников, ценных сельскохозяйственных угодий, сведение к минимуму вредного воздействия дороги на окружающую среду;

6) дополнение и улучшение природного ландшафта посадками деревьев и кустарников на придорожной полосе, планировочными и осушительными работами, созданием водоемов, раскрытием или маскировкой вида с дороги отдельных участков ландшафта. Для этой цели на дорогах высоких категорий, как правило, с большой долей легкового движения, производят разреживание леса или срезку откосов выемок, закрывающих красивые виды (рисунки 4.43), а также маскировку растительными посадками некрасивых выработок или больших обнаженных откосов (рисунки 4.44–4.46).

Таким образом, первые три пункта из представленного выше перечня направлены на обеспечение плавности и «психологической ясности» дороги для ее пользователей. Два последующих преследуют своей целью сочетание дороги с придорожной полосой.

В течение 2014–2015 гг. разработаны архитектурно-дизайнерские и цветовые решения объектов дорожного и придорожного сервиса и искусственных сооружений на дороге Р-23 Минск – Слуцк – Микашевичи, км 74,0 – км 102,0; конструкции и цветовые решения шумозащитных экранов и подпорных стенок на дороге М-5/Е271 Минск – Гомель, км 131,0 – км 187,96; входные зоны и цветовое решение моста через р. Березина (правая полоса) на обходе г. Бобруйска и др.



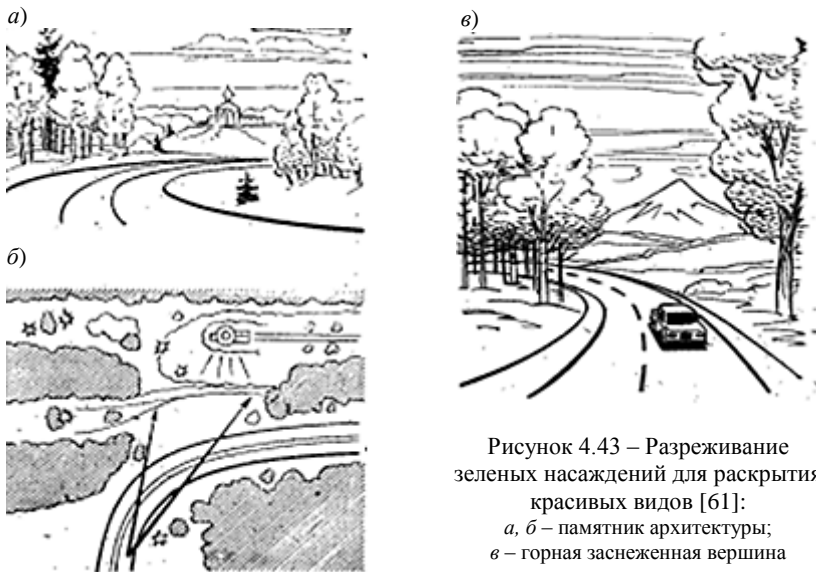


Рисунок 4.43 – Разреживание зеленых насаждений для раскрытия красивых видов [61]:  
*а, б* – памятник архитектуры;  
*в* – горная заснеженная вершина

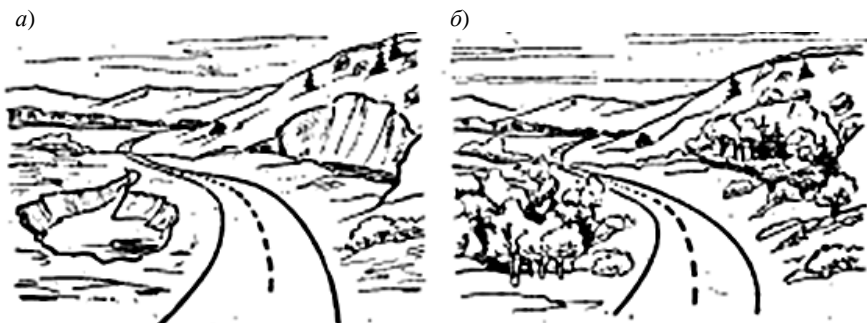


Рисунок 4.44 – Маскировка некрасивых выработок грунтового карьера декоративными посадками [41]:  
*а* – придорожная полоса после строительства; *б* – после применения декоративных посадок

Не следует считать, что обязательность соблюдения принципов ландшафтного проектирования относится только к проектам новых дорог высших категорий. При интенсивной автомобилизации, имеющей место в Республике Беларусь, и быстром росте грузо- и пассажиропотоков необходимо уже на стадии проектирования дороги предвидеть пути ее последующей реконструкции.

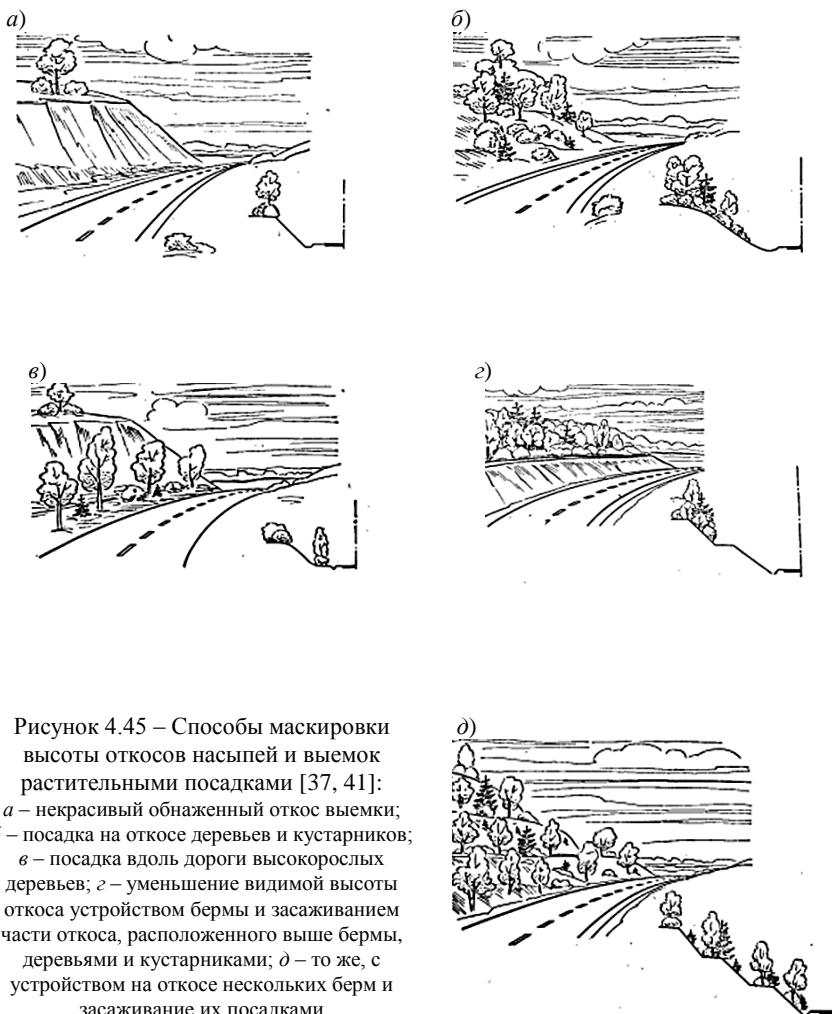


Рисунок 4.45 – Способы маскировки высоты откосов насыпей и выемок растительными посадками [37, 41]:

- a* – некрасивый обнаженный откос выемки;  
*б* – посадка на откосе деревьев и кустарников;  
*в* – посадка вдоль дороги высокорослых деревьев;  
*г* – уменьшение видимой высоты откоса устройством бермы и засаживанием части откоса, расположенного выше бермы, деревьями и кустарниками;  
*д* – то же, с устройством на откосе нескольких берм и засаживание их посадками

#### 4.5.2 Обеспечение пространственной плавности трассы

Движение автомобилей с практически неменяющейся скоростью на всей протяженности дороги может быть обеспечено только при проложении трассы дороги как плавной пространственной линии с учетом особенностей зрительного восприятия дороги водителями.

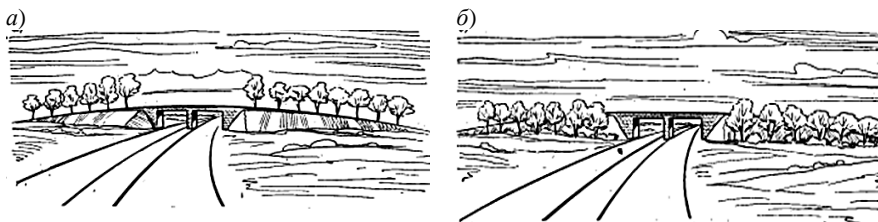


Рисунок 4.46 – Маскировка высокой насыпи в равнинной местности на подходах к пересечению в разных уровнях [41]:

*a* – деревья, посаженные на насыпи, зрительно увеличивают ее высоту и делают ее более бросающейся в глаза и некрасивой;

*б* – высокие деревья, посаженные у подошвы насыпи, маскируют ее

Назначая элементы дороги, необходимо принимать во внимание, что водители видят расположенные впереди участки дороги несколько искаженными, т. е. *под очень малым углом зрения*. Круговые кривые представляются им сплюснутыми, длина кривых – уменьшенной, а крутизна поворота – возросшей (рисунок 4.47). Поворот дороги в плане на несколько градусов искажается и кажется круче на  $15\text{--}20^\circ$  и более.

Короткая кривая между длинными прямыми воспринимается как резкий изгиб трассы, а сравнительно пологие прямые участки дорог, расположенные за длинными спусками, – крутыми подъемами.

Эти кажущиеся нарушения плавности дороги отражаются на избираемых водителями режимах движения и вызывают опасное увеличение или необоснованное снижение скорости в местах, где параметры элементов плана и профиля обеспечивают возможность проезда с более высокими скоростями.

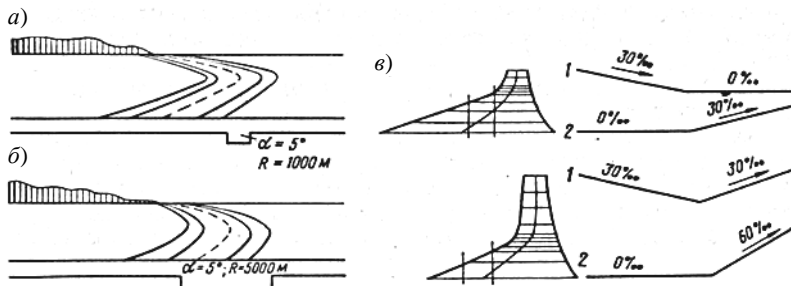


Рисунок 4.47 – Искажение вида дороги [37, 39]:

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

1 – фактическое соотношение уклонов; 2 – кажущееся соотношение

Пространственная плавность трассы, устраняющая эти зрительные обманы и внушающая водителям уверенность в управлении, обеспечивается прежде всего применением таких значений параметров элементов плана и профиля, которые полностью исключают искажение вида дороги, а также устранением несоответствий в расположении элементов трассы в плане и профиле, вызывающих ее кажущиеся изломы и беспокойный, неплавный вид в пространстве [37, 41].

На основании анализа зрительной плавности построенных дорог выработаны следующие *рекомендации по сочетанию элементов трассы* [37]:

1) количество переломов в плане и профиле должно быть по возможности одинаковым. Нарушение этого правила приводит к неудачным сочетаниям, в большинстве случаев характеризующимся повышенной вероятностью ДТП. Типичным примером являются частые переломы продольного профиля на длинных прямых в плане, обычно вызванные стремлением наносить обертывающую проектную линию в целях сокращения объема земляных работ, что создает волнистую поверхность дороги (рисунок 4.48, *а*). Особо неудачен случай, когда повороты дороги расположены в вогнутых кривых;

2) чрезмерная извилистость продольного профиля на коротком отрезке (рисунок 4.48, *б*) также является неблагоприятным вариантом сочетания, т. к. зачастую приводит к неоправданному удорожанию строительных работ, разночтениям с особенностями местного ландшафта и повышению аварийности;

3) длины прямых и кривых участков дороги в плане должны соответствовать друг другу. Следует избегать коротких кривых в плане, расположенных между длинными прямыми, которые кажутся издали водителю резким переломом дороги и вызывают снижение скорости. Повороты дороги на малые углы смягчают вписыванием кривых больших радиусов;

4) недопустимы короткие прямые вставки между направленными в одну сторону кривыми, которые также воспринимаются как неприятный для взгляда излом дороги. Такие вставки следует заменять кривыми больших радиусов (рисунок 4.48, *в*).

5) для устранения коротких прямых вставок между обратными кривыми увеличивают радиусы кривых так, чтобы они непосредственно сопрягались друг с другом (рисунок 4.48, *г*). Радиусы смежных кривых должны различаться не более чем в 1,5 раза;

6) для достижения наилучшей плавности трассы следует по возможности совмещать вертикальные и горизонтальные кривые. Желательно, чтобы длина горизонтальной кривой несколько превышала длину вертикальной кривой. Смещения вершин совпадающих вертикальных и горизонтальных кривых допустимы не более чем на 1/4 длины наименьшей из кривых. Радиус вогнутых вертикальных кривых должен не менее чем в 6 раз превышать радиус совпадающих с ними кривых в плане;

7) недопустимы сопряжения концов кривых в плане с началом выпуклых или вогнутых вертикальных кривых, расположенных на последующих прямых участках. В первом случае для автомобилей, едущих со стороны вертикальной кривой, неясно дальнейшее направление дороги. Во втором случае создаются участки ограниченной видимости в темное время при свете фар;

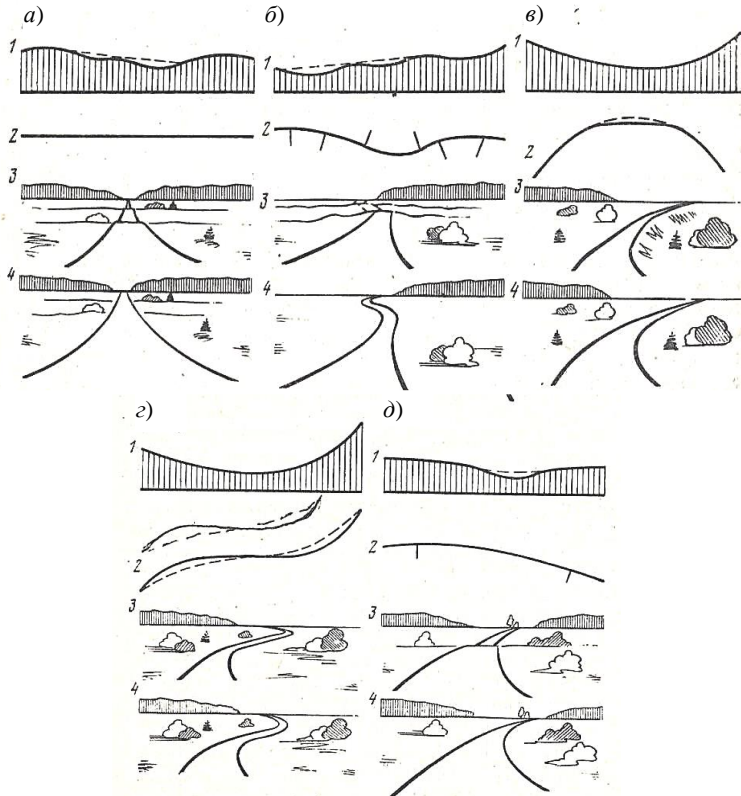


Рисунок 4.48 – Неблагоприятные сочетания элементов трассы [37]:

*а* – частые переломы продольного профиля в пределах прямых участков в плане; *б* – чрезмерная извилистость продольного профиля; *в* – устройство коротких прямых вставок между горизонтальными кривыми, направленными в одну сторону; *г* – устройство коротких прямых вставок между обратными кривыми в плане; *д* – короткие вогнутые участки продольного профиля; 1 – продольный профиль; 2 – план трассы (пунктиром показано рекомендуемое проложение трассы дороги); 3 – перспективный вид дороги до улучшения плавности трассы; 4 – перспективный вид дороги после улучшения плавности трассы

8) для обеспечения на дороге видимости на большом расстоянии следует избегать сочетаний элементов трассы, образующих в продольном профиле «провал», в результате которого для водителя остается неопределенным дальнейшее направление дороги. К числу таких сочетаний относятся: короткие вогнутые участки продольного профиля, расположенные в пределах длинных прямых или кривых в плане большого радиуса, воспринимаемые как «карманы» или «просадки» (рисунок 4.48, д); выпуклые вертикальные кривые малых радиусов на прямых участках, в частности на пересечениях дорог в разных уровнях; прямые участки, как бы упирающиеся в небосвод на вершине выпуклых кривых малого радиуса (т. н. «дорога в никуда»).

Следовательно, для обеспечения пространственной плавности трассы большое значение имеет соблюдение *принципов зрительного ориентирования* водителей – такое взаимное сочетание элементов дороги и придорожной полосы (или направляющих ориентиров), которое делает для водителя понятным направление дороги за пределами фактической видимости.

*Средствами обеспечения зрительного ориентирования являются:*

- полотно дороги в целом;
- сигнальные столбики, боковые ограждения барьерного типа, установленные на обочинах;
- придорожная растительность, особенно высокие деревья (рисунок 4.49).

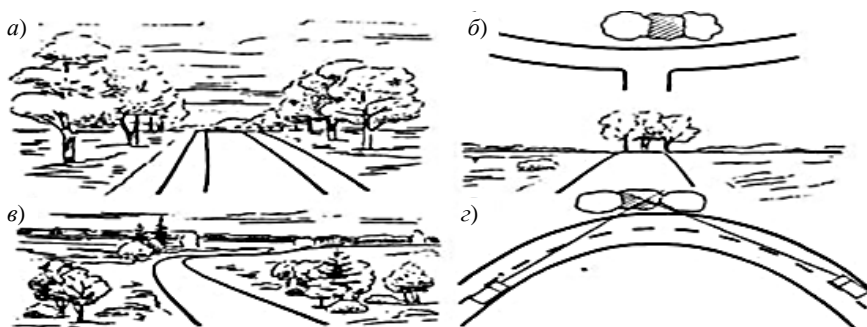


Рисунок 4.49 – Обозначение направления дороги вершинами деревьев [41]:  
 а – поворот за переломом профиля, хорошо заметный по положению крон деревьев;  
 б – Т-образный перекресток, обозначенный группой деревьев; в – участок дороги большой протяженности, обозначенный группами деревьев, расположенными с интервалами;  
 г – вершина кривой малого радиуса, обозначенная группой деревьев

Расположение этих ориентиров должно создавать систему опорных точек, проследив направление которых, глаз водителя как бы продолжает для себя дальнейшее положение дороги.

#### **4.5.3 Учет требований охраны окружающей среды при проектировании и выборе направления трассы**

При выборе вариантов трассы и конструкции элементов дороги следует учитывать степень воздействия дороги на окружающую природную среду в период строительства и эксплуатации, а также сочетание дороги с ландшафтом, отдавая предпочтение проектным решениям, оказывающим минимальное воздействие на окружающую среду.

В целях защиты населения от транспортного шума и вредного воздействия выхлопных газов при проложении трасс автомобильных дорог в зонах населенных пунктов следует руководствоваться требованиями, изложенными в нормативе [17] и представленными ниже.

На всей площади земель, занимаемых под дорогу и дорожные сооружения, а также земель, временно занимаемых на период строительства, следует предусматривать снятие плодородного почвенного слоя.

При постройке автомобильных дорог с интенсивным движением зачастую приходится делать перепланировку земельных угодий, расположенных с разных сторон дороги, чтобы устранить необходимость переезда сельскохозяйственных машин через дорогу. Проложение дороги по ценным плодородным землям опасно тем, что сметаемая ветром пыль с дорог низших категорий снижает урожайность на прилегающих полях. При сгорании разного рода добавок к топливу выделяются опасные для здоровья соединения свинца, которые оседают на придорожной полосе и, накапливаясь в почве, могут попадать в пищу с сельскохозяйственными продуктами.

При назначении конструкций земляного полотна, водопропускных и водоотводных сооружений должны учитываться воздействия на условия поверхностного стока, повышение или снижение уровня грунтовых вод, исключаящие увеличение площади заболачивания прилегающих к дороге участков и гарантирующие сохранение условий произрастания лесных видов насаждений и т. п.

Смываемые дождями с проезжей части масла и продукты износа шин и особенно применяемые для борьбы с гололедом соли уничтожают растительность придорожной полосы и, попадая, в конце концов, в водотоки, вызывают их загрязнение. Это необходимо учитывать при проложении дорог вблизи водоемов и в пределах водоохранных зон, где в замкнутой системе дорожного водоотвода предусматривают водоочистительные отстойники и другие сооружения.

Следует разрабатывать специальные мероприятия по обеспечению безопасного и беспрепятственного передвижения животных при пересечении автомобильными дорогами путей их миграций, т. к. неожиданно выбежав-

шее на дорогу животное часто становится причиной тяжелого ДТП. В ряде случаев дорогу в лесных массивах приходится ограждать высокими изгородями, а для животных устраивать под (или над) насыпями специальные проходы, а также предпринимать и другие мероприятия, связанные с организацией движения (например, установка предупреждающих дорожных знаков и др.) (рисунок 4.50).

Следует обходить трассой заповедники и заказники, зоны, отнесенные к памятникам природы и культуры. По возможности желательно вдоль рек, озер и других водоемов прокладывать дороги за пределами водохранных зон.

При следовании вдоль водотоков или по берегам больших водоемов трассу удаляют примерно на одинаковое расстояние от водного зеркала, пересекая узкие заливы мостами или насыпью. В некоторых случаях осью ландшафта, в непосредственной близости к которой трассируется автомобильная дорога, могут быть и существующие другие инженерные сооружения: мелиоративные, ирригационные и судоходные каналы, железные дороги, линии электропередачи и т. д. (см. рисунок 4.51).



Рисунок 4.50 – Существующие варианты организации беспрепятственного перехода животными интенсивной трассы автомобильной дороги



Рисунок 4.51 – Проложение трассы автомобильной дороги вдоль водоема



Неправильно проводимые при постройке дороги земляные работы могут нарушить красоту природных ландшафтов расположенными в неудачных местах грунтовыми карьерами и резервами, обнажением склонов при устройстве земляного полотна в полунасыпях-полувыемках при прокладке трассы по косоугру. При невозможности избежать этих работ следует прибегать к маскировке неудачных, обезображенных строительством, мест посадками растительности.

Подрезка склонов и перегрузка их насыпями может вызвать активизацию оползневых процессов. При прокладке дорог вдоль косоугра дорожные канавы, перехватывая стекающую поверхностную воду, вызывают засыхание деревьев с низовой стороны склона, а на пересечениях болот насыпи, уплотняя торф, прерывают просачивание грунтовой воды, вызывают развитие заболачивания и др.

Дорога привлекает к себе большое количество людей. Поэтому при ее проектировании следует предусмотреть возможности обозрения открывающихся природных ландшафтов и достопримечательных мест. В то же время сосредоточение в отдельных местах дороги, например на стоянках и площадках отдыха, многочисленных посетителей, если не обеспечить в этих местах создания необходимых удобств и удовлетворения санитарно-гигиенических требований, неизбежно приведет к порче и загрязнению придорожной полосы [40, 41].

Учет требований охраны окружающей среды при проектировании дорог не должен ограничиваться только мерами по ее защите. Продуманная постройка дороги может существенно улучшить местность осушением болот, созданием водохранилищ, закреплением песков, повышением устойчивости склонов, предохранением почв от эрозии и др. Использование для земляного полотна и дорожных одежд шлаков и других побочных продуктов промышленности дает возможность ликвидировать накопившиеся за много лет их отвалы.

#### **4.5.4 Проложение автомобильной дороги в районе населенных пунктов. Мероприятия по защите прилегающей местности от шума**

Автомобильные дороги следует прокладывать, как правило, в обход населенных пунктов с устройством подъездов к ним. Расстояние от оси дороги до линии жилой застройки с учетом генерального плана должно составлять, как правило, не менее [17]: для дорог I-а категории – 300; I-б, I-в и II – 200; III и IV – 100 м.

При прохождении дорог на расстояниях, менее указанных (в условиях реконструкции, а также при обосновании в случае нового строительства), следует, в случае необходимости, определяемой специальными расчетами,

назначать мероприятия по защите прилегающих территорий от транспортного шума (рисунок 4.52).

В условиях реконструкции, а также при соответствующем технико-экономическом обосновании при новом строительстве может быть допущено прохождение автомобильных дорог через населенные пункты.

Однако пропуск транзитного движения через населенный пункт затрудняет местное уличное движение. Дорога с интенсивным движением разрезает населенный пункт на изолированные части, затрудняя его хозяйственную жизнь. Возрастает опасность ДТП с участием пешеходов, усиливается уличный шум и увеличивается загрязнение воздуха отработавшими газами автомобильных двигателей. Скорость автомобилей, следующих транзитом, в пределах населенного пункта, значительно снижается; содержание дороги, особенно снегоочистка, затрудняется.

Поэтому дороги высших категорий следует прокладывать в обход населенных пунктов с устройством подъезда к ним. Постройку в пределах населенного пункта дороги с преимущественно транзитным движением всегда необходимо рассматривать как временное мероприятие. Одновременно следует предусмотреть вариант обхода города транзитным движением, который должен быть осуществлен при возрастании интенсивности движения.

Города с населением в несколько сотен тысяч человек обычно являются узлами пересечения нескольких магистралей. Наряду с проблемой пропуска транзитного движения, минуя городскую черту, в больших населенных пунктах возникает не менее сложный вопрос о вводе в город потоков интенсивного движения из пригородов. Относительная роль транзитного движения тем меньше, чем больше население города [35, 37, 39].

При вводе трассы в крупный населенный пункт в зависимости от его планировки, начертания существующей транспортной сети, расположения промышленных предприятий, административно-политических и культурно-хозяйственных соображений возможны пересечения по главным улицам, пересечения с проходом по окраинам и примыкание по касательной к границам планировочной территории.

В населенных пунктах, являющихся транспортными узлами, в которых пересекается несколько автомобильных дорог, для устранения транзитного движения устраивают **обходные (кольцевые) дороги**. Трассу кольцевой дороги обычно прокладывают в непосредственной близости от границ городской планировочной территории. В этом случае кольцевые дороги не только улучшают условия транзитного движения, но и облегчают внутригородские перевозки между окраинами города, разгружая его центральные районы.

Обходные дороги городов, а также автомобильные дороги в пригородных зонах следует проектировать в соответствии с генеральными планами развития населенных пунктов и согласовывать их в установленном порядке.

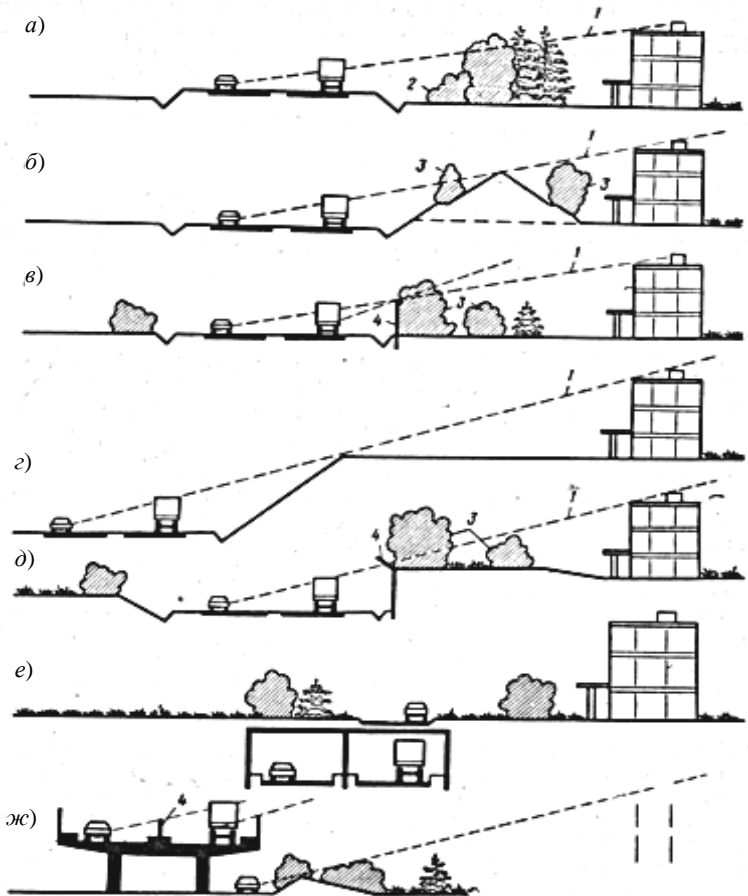


Рисунок 4.52 – Мероприятия по защите прилегающей местности от шума, вызываемого интенсивным движением [37]:

- а* – растительные насаждения; *б* – защитный вал; *в* – установка звукопоглощающих ограждений; *г* – расположение дороги в выемке; *д* – выемка с подпорной стенкой; *е* – проложение дороги в галерее; *ж* – проложение дороги эстакадой; 1 – граница акустической тени; 2 – звукопоглощающие растительные насаждения; 3 – декоративные посадки; 4 – звукопоглощающее ограждение

При прохождении дорог через населенные пункты следует предусматривать покрытие, исключающее пылеобразование.

При проходе автомобильной дороги вблизи от населенных пунктов автомобильное движение является источником загрязнения воздуха отработавшими газами двигателей, шума и вибрации, которые распространяются до прилегающих к дорогам строений, отражаются на здоровье и работоспособности населения. Колебания зданий при проезде автомобилей делают невозможным размещение около дороги некоторых видов производств и лабораторий, требующих повышенной точности.

Интенсивность транспортного шума зависит от многих обстоятельств: интенсивности, состава и скорости движения, типов шин, ровности дорожных покрытий и т. п. В среднем у бровки земляного полотна в 7,5 м от оси ближайшей полосы движения уровень шума (в дБА) можно определять в соответствии с эмпирической формулой [37]

$$L = 50 + 8,8 \cdot \ln Q, \quad (4.31)$$

где  $Q$  – интенсивность движения, авт./ч.

Наиболее рациональный способ предотвращения влияния транспортного шума – проложение дороги на таком расстоянии от застройки, при котором оно не превышает допустимых норм. При невозможности этого автомобильные трассы с интенсивным движением располагают в выемках и тоннелях, устанавливают вдоль звукопоглощающие ограждения из пористых материалов, отсыпают ограждающие земляные валы (см. рисунок 4.52). *Суть всех защитных мероприятий* – создание за ними звуковой тени или поглощение звука. Для надлежащего экранирования высота барьера должна быть не менее 4–4,5 м. Придорожные насаждения относительно малоэффективны и снижают шум в среднем на 0,15 дБА на 1 м ширины полосы [37].

---

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

---

В учебном пособии приведена информация, касающаяся проектирования, строительства и эксплуатации автомобильных дорог. Материал пособия соответствует требованиям ОСВО 1-44 01 02–2013 «Организация дорожного движения» и утвержденной учебной программе по дисциплине «Автомобильные дороги. Дорожные условия и безопасность движения» для студентов специальности 1-44 01 02 «Организация дорожного движения».

Для качественного и разностороннего применения в будущей практической деятельности студентов получаемых ими знаний порядок изучения материала соответствует учебному плану. В целях систематизации получаемых студентами знаний по данному курсу в пособии последовательно и досконально рассмотрены следующие вопросы:

- дана исчерпывающая информация по общему представлению о роли и значении путей сообщения в жизни государства, об исторически сложившихся особенностях и о их влиянии на экономику Республики Беларусь;

- приведена общепринятая классификация автомобильных дорог, в том числе и по уровням требований к их эксплуатационному состоянию;

- подробно рассмотрены вопросы построения плана трассы, поперечного и продольного профилей с характеристикой их основных элементов;

- дана оценка дорожных одежд, их классификация, условия назначения каждого из возможных слоев одежды, описание факторов, вызывающих деформации и разрушения дорожных одежд. Представлен обобщенный материал, касающийся новых передовых технологий, применяемых в строительстве и ремонте дорожных одежд автомобильных дорог и искусственных сооружений в Республике Беларусь;

- рассмотрены основные требования на проектирование водоотводных сооружений, подробно охарактеризованы составляющие элементы системы поверхностного водоотвода автомобильной дороги;

- представлены особенности зимнего содержания автомобильных дорог. Рассмотрены понятия снегопереноса, снегоприноса и снегозаносимости дорог. Дана характеристика работы временных и постоянных снегозадерживающих устройств. Приведены методы очистки дорог, понятие снеговых

отложен и общие вопросы касательно борьбы с зимней скользкостью на автомобильных дорогах;

– освещены общие положения по вопросам обустройства автомобильных дорог, а именно те, которые в большей степени влияют на безопасность дорожного движения: пешеходные переходы, дорожные ограждения (и их классификации) и правила их применения и размещения, пересечения с инженерными коммуникациями, общие требования к освещению дорог, энергосберегающим технологиям, озеленению и др.;

– приведена общая классификация транспортно-эксплуатационных качеств автомобильных дорог. Подробно описаны качества, характеризующие транспортную работу и дорожную одежду. В качестве первых рассматриваются: интенсивность движения, скорость движения, плотность ТП, коэффициент загрузки движением и пропускная способность и др., а вторых – прочность дорожной одежды, шероховатость дорожного покрытия, ровность дорожного покрытия, коэффициент сцепления шины колеса с дорожным покрытием. Кратко охарактеризованы приборы, применяемые для измерения качеств дорожной одежды, в том числе и те, которые применяются в Республике Беларусь;

– дана исчерпывающая классификация искусственных сооружений на путях сообщения, а также описание составляющих их элементов, используемых в ЕАЭС. Рассмотрены специальные сооружения, включающие в себя: регуляционные сооружения на мостовых переходах, подпорные стенки, противообвальные галереи, малые мосты и водопропускные трубы. Присутствует также материал касательно основных норм проектирования автодорожных мостов и водопропускных труб как основных сооружений, имеющих место на сети в Республике Беларусь и других государствах;

– рассмотрены виды пересечений в одном и разных уровнях и охарактеризованы особенности движения на них и классификация железнодорожных переездов и положения, касающиеся их устройства, проектирования и эксплуатации, а также требования к их оборудованию;

– изложена теория, касающаяся вопроса оценки обеспеченности безопасности движения в виде основных положений методов прогнозирования аварийности: статистической группы, группы методов КФС, группы методов потенциальной опасности и экспертной группы. Причем группа методов потенциальной опасности изложена более подробно, т. к. она наибольшим образом отражает связь с дорожными условиями (транспортно-эксплуатационными качествами, характеризующими транспортную работу) и зависимости аварийности от них;

– представлены общие положения, касающиеся видимости в плане, в продольном профиле, боковой видимости и видимости на кривых в

плане. Приведены и охарактеризованы зависимости показателя риска ДТП от расстояния видимости в плане и в продольном профиле для различных типов автомобильных дорог [двухполосных, многополосных (с и без разделительной полосы)];

– представлены действующие на данный момент в Республике Беларусь положения по классификации и учету ДТП. Дано определение системы ВАДС и представлено несколько ее вариантов, в том числе механизм ее действия в процессе управления автомобилем. Изложены общие положения системы потерь в дорожном движении;

– определены условия и мероприятия по обеспечению безопасности движения на автомобильных дорогах, совершенствование параметров автомобильной дороги и элементов продольного и поперечного профилей дороги, кривых в плане малого радиуса; мероприятия по улучшению условий движения на кривых малого радиуса в плане;

– рассмотрены вопросы, касающиеся трассирования дороги в увязке с окружающим ландшафтом, обеспечения пространственной плавности трассы, учета требований охраны окружающей среды при проектировании и выборе направления трассы и мероприятия по защите местности прилегающей к дороге от транспортного шума.

Приведенная информация, методы расчетов, критерии и способы оценки условий эксплуатации автомобильных дорог, разработки мероприятий, повышающих уровень безопасности дорожного движения, позволят будущим специалистам эффективно применять свои знания в практической инженерной работе.

---

## КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

---

- 1 Назовите основные составляющие банка дорожных данных?
- 2 Основные вехи в истории развития автомобильных дорог на территории Республики Беларусь.
- 3 Охарактеризуйте довоенный период развития автомобильных дорог на территории Республики Беларусь.
- 4 Охарактеризуйте послевоенный период развития автомобильных дорог на территории Республики Беларусь.
- 5 Охарактеризуйте современный период развития автомобильных дорог на территории Республики Беларусь.
- 6 Понятие международного транспортного коридора.
- 7 Перечислите критерии, учитываемые при определении направления транспортных коридоров.
- 8 Назовите транспортные коридоры, проходящие по территории Республики Беларусь.
- 9 Перечислите выполняемые транспортом функции государства.
- 10 Охарактеризуйте транспортную систему Республики Беларусь.
- 11 Охарактеризуйте общую классификацию автомобильных дорог в Республике Беларусь.
- 12 Какие дороги относятся к республиканским?
- 13 Какие дороги относятся к местным?
- 14 Назовите классы автомобильных дорог, существующие в Республике Беларусь.
- 15 Сколько имеется категорий автомобильных дорог?
- 16 Как подразделяются автомобильные дороги по функциональному назначению?
- 17 Какими параметрами характеризуется поперечный профиль автомобильных дорог?
- 18 Опишите классификацию автомобильных дорог по уровням требований к их эксплуатационному состоянию.
- 19 Понятие трассы автомобильной дороги.
- 20 Что такое план трассы?
- 21 Что такое коэффициент развития (коэффициент удлинения)?
- 22 Перечислите элементы угла поворота.
- 23 Понятие виража.
- 24 Понятие переходной кривой.
- 25 Понятие уширения проезжей части на кривой.
- 26 Назовите основные положения методики построения плана трассы?
- 27 Перечислите основные параметры плана трассы.



- 28 Понятие поперечного профиля автомобильной дороги.
- 29 Какие элементы включает земляное полотно?
- 30 Что такое полоса отвода?
- 31 Что понимается под разделительной полосой автомобильной дороги?
- 32 Понятие укрепленной полосы.
- 33 Как рассчитывается коэффициент заложения?
- 34 Какая информация указывается на поперечном профиле земляного полотна?
- 35 В каких случаях на автомобильных дорогах предусматривается шесть полос для движения?
- 36 С какой целью предусматривается устройство переходно-скоростной полосы?
- 37 Перечислите основные особенности проектирования насыпей и выемок автомобильных дорог?
- 38 Охарактеризуйте существующие типы поперечных профилей дорог?
- 39 Понятие резерва.
- 40 Понятие кавальера.
- 41 Понятие продольного профиля автомобильной дороги.
- 42 Этапы проектирования продольного профиля.
- 43 Понятие продольного уклона элемента профиля.
- 44 Методика определения отметок поверхности земли (методом интерполяции).
- 45 Что такое рабочая отметка?
- 46 Назовите методы проложения проектной линии?
- 47 Какие требования предъявляются к нанесению проектной линии?
- 48 Что понимается под контрольными отметками?
- 49 Понятие и виды вертикальных кривых.
- 50 Что понимается под алгебраической разностью двух смежных элементов?
- 51 Методика расчета радиуса вертикальной выпуклой кривой из условия видимости.
- 52 Методика расчета радиуса вертикальной вогнутой кривой из условия видимости в темное время суток.
- 53 Что называется дорожной одеждой?
- 54 На какие виды подразделяются дорожные одежды по критерию сопротивления нагрузкам от транспортных средств?
- 55 Охарактеризуйте жесткие дорожные одежды.
- 56 Охарактеризуйте нежесткие дорожные одежды.
- 57 На какие виды подразделяются дорожные одежды по критерию степени капитальности?
- 58 Каково назначение защитного слоя дорожной одежды?
- 59 Каково назначение покрытия дорожной одежды?
- 60 Каково назначение основания дорожной одежды?
- 61 Назовите виды основания дорожной одежды, исходя из применяемых материалов?
- 62 Охарактеризуйте назначение дополнительного слоя основания.
- 63 Охарактеризуйте назначение дренирующего слоя дорожной одежды.
- 64 Охарактеризуйте назначение морозозащитного слоя одежды.
- 65 Перечислите принципы, которыми следует руководствоваться при конструировании дорожной одежды.

- 66 Какие существуют виды деформаций и разрушений дорожной одежды?
- 67 Назовите основные факторы, вызывающие деформации и разрушения дорожной одежды.
- 68 Перечислите типы дефектов покрытий дорожных одежд.
- 69 Перечислите новые технологии, применяемые в строительстве и ремонте дорожных одежд дорог и сооружений в Республике Беларусь.
- 70 Понятие кювета и его глубина.
- 71 На какие виды подразделяются конструкции укрепления земляного полотна по характеру восприятия временных и постоянных нагрузок?
- 72 Чем может производиться укрепление конусов и откосов выемки под пролетным строением путепроводов?
- 73 Понятие эрозии земляного полотна.
- 74 Охарактеризуйте современные способы предотвращения эрозии откосов земляного полотна.
- 75 Опишите механизм разрушения земляного полотна поверхностными и грунтовыми водами?
- 76 Какие элементы включает система поверхностного водоотвода?
- 77 Что собой представляют прикромочные лотки, их типы?
- 78 Что собой представляют валики из асфальтобетона?
- 79 Функция испарительного бассейна.
- 80 Функция поглощающего колодца.
- 81 Функция фильтрационной канавы.
- 82 Опишите назначение и устройство фильтрационного бассейна.
- 83 Перечислите основные требования по содержанию полосы отвода, земляного полотна и водоотвода.
- 84 Опишите комплекс мероприятий по восстановлению размывтых и разрушенных участков водоотводных канав и других водоотводных сооружений.
- 85 Понятие снегопереноса.
- 86 Назовите виды метелевых отложений.
- 87 Что понимается под понятием снегоприноса?
- 88 Понятие снегозаносимости.
- 89 Основной принцип действия снегозадерживающих устройств.
- 90 Понятие зоны аэродинамической тени.
- 91 Что в себя включает система мероприятий по зимнему содержанию дорог?
- 92 Как подразделяются снегозадерживающие устройства по принципу работы?
- 93 Какими параметрами характеризуются снегозадерживающие устройства?
- 94 Опишите принцип работы снегозадерживающих устройств сплошного типа.
- 95 Опишите принцип работы снегозадерживающих устройств решетчатого типа.
- 96 Перечислите способы защиты снегозаносимых участков дорог.
- 97 Как подразделяются снегозащитные сооружения по продолжительности службы?
- 98 Какие средства и сооружения относятся к постоянным?
- 99 Какие средства и сооружения относятся к временным?
- 100 Что собой представляют снегозадерживающие заборы, их классификация?
- 101 Что собой представляют переносные щиты, их классификация?
- 102 Какие различают виды снегоочистительных работ?
- 103 Что собой представляет патрульная снегоочистка?

- 104 Где не допускается формирование снежных валов при очистке?
- 105 Опишите основные технологии очистки автомобильных дорог.
- 106 Перечислите группы мероприятий по борьбе с зимней скользкостью.
- 107 Назовите и кратко охарактеризуйте методы, применяемые для борьбы с зимней скользкостью.
- 108 По какому критерию классифицируются противогололедные материалы?
- 109 Перечислите случаи, при которых пешеходные переходы обязательно проектируют в разных уровнях.
- 110 Назовите и охарактеризуйте группы дорожных ограждений.
- 111 Перечислите функции дорожных ограждений.
- 112 Назначение шумозащитного экрана.
- 113 Приведите классификацию шумозащитных экранов.
- 114 Назовите требования, предъявляемые к параметрам дорожных ограждений.
- 115 Что понимается под понятием рабочей ширины дорожного ограждения?
- 116 Назовите основные правила и места размещения дорожных ограждений.
- 117 Каковы основные особенности пересечения автомобильных дорог с инженерными коммуникациями?
- 118 Случаи обязательного размещения наружного электрического освещения на автомобильных дорогах.
- 119 Охарактеризуйте сущность и преимущества применения автоматизированного управления системами освещения на автомобильных дорогах.
- 120 В чем заключаются энергосберегающие технологии в системах освещения дорог?
- 121 Какие существуют виды озеленения автомобильных дорог?
- 122 Назовите подвиды защитного озеленения автомобильных дорог.
- 123 Назначение декоративного озеленения автомобильных дорог.
- 124 Перечислите общие особенности устройства озеленения автомобильных дорог.
- 125 Перечислите виды посадок, предназначенные для зрительного ориентирования.
- 126 Понятие транспортно-эксплуатационных качеств.
- 127 Перечислите основные транспортно-эксплуатационные качества, характеризующие транспортную работу.
- 128 Перечислите основные транспортно-эксплуатационные качества, характеризующие дорожную одежду и земляное полотно.
- 129 Что понимается под понятием интенсивность движения?
- 130 Охарактеризуйте пространственную неравномерность интенсивности движения.
- 131 Охарактеризуйте временную неравномерность интенсивности движения.
- 132 Перечислите разновидности скоростей движения.
- 133 Назовите группы факторов, влияющих на скорость движения.
- 134 С помощью каких коэффициентов осуществляется приведение разных типов транспортных средств к легковому автомобилю?
- 135 Понятие плотности ТП.
- 136 Что понимается под уровнем обслуживания?
- 137 Охарактеризуйте существующие уровни обслуживания согласно модели Д. Дрю.
- 138 Понятие коэффициента загрузки движением.
- 139 Понятие пропускной способности.
- 140 Назовите подходы, с помощью которых исследуют зависимости между параметрами ТП.

- 141 Какие существуют макромоделли ТП?
- 142 В чем заключается суть метода ударных волн?
- 143 Какова суть теории «следование за лидером»?
- 144 Что понимается под понятием прочности дорожной одежды?
- 145 Приведите методику оценки прочности дорожной одежды.
- 146 Понятие шероховатости поверхности дорожного покрытия.
- 147 Опишите принцип действия приборов контактного типа, применяемых для измерения параметров шероховатости.
- 148 Опишите принцип действия приборов бесконтактного типа, применяемых для измерения параметров шероховатости.
- 149 Понятие ровности дорожного покрытия и ее влияние на аварийность.
- 150 Приборы, применяемые для измерения ровности и их принцип действия.
- 151 Что называют коэффициентом сцепления шины колеса автомобиля с дорожным покрытием?
- 152 Чем опасно явление аквапланирования?
- 153 Назовите приборы (методы), применяемые для измерения коэффициента сцепления.
- 154 Понятие надежности автомобильных дорог.
- 155 Понятие проезжаемости автомобильных дорог.
- 156 Охарактеризуйте искусственные сооружения древности.
- 157 Назовите группы искусственных сооружений.
- 158 Понятие мостового перехода.
- 159 Что такое мост?
- 160 Назовите основные элементы моста.
- 161 Предназначение и элементы мостового полотна.
- 162 Назовите критерии классификации мостов.
- 163 Понятия и виды балочных и арочных мостов.
- 164 Понятие и виды рамных мостов.
- 165 Понятие вантового моста и его элементы.
- 166 Понятие висячего моста и его элементы.
- 167 Понятия высоководного и разводного мостов.
- 168 Понятие наплавного моста.
- 169 Что такое виадук, из каких элементов он состоит?
- 170 Назовите критерии классификации виадуков.
- 171 Понятие путепровода и его элементы.
- 172 Как подразделяются путепроводы по статической схеме?
- 173 Понятие эстакады и ее элементы.
- 174 Назовите случаи проектирования эстакад.
- 175 Как подразделяются эстакады по расположению в плане?
- 176 Перечислите регуляционные сооружения на мостовых переходах.
- 177 Что такое струнаправляющая дамба?
- 178 Понятие и виды подпорных стенок.
- 179 Цель применения противообвальных галерей и их типы.
- 180 Понятие малого моста и его типы.
- 181 Понятие водопропускной трубы и критерии ее классификации.
- 182 Охарактеризуйте элементы водопропускной трубы.

183 Перечислите требования, которыми необходимо руководствоваться при выборе месторасположения мостового перехода.

184 Назовите и охарактеризуйте транспортно-эксплуатационные характеристики мостов и труб.

185 Чему равны проектные сроки службы для мостов и труб?

186 Раскройте понятие коэффициента надежности по ответственности.

187 Охарактеризуйте группы предельных состояний мостовых сооружений.

188 Что подразумевается под понятием габарита приближения конструкции моста?

189 Из каких составляющих состоит габарит мостового сооружения по ширине?

190 Из каких составляющих состоит габарит приближения конструкций под тепловодом на автомобильной дороге?

191 Назовите особенности проектирования элементов мостового полотна автодорожных мостов.

192 Кратко опишите систему водоотвода с мостового полотна.

193 Назовите разделы проекта по содержанию моста.

194 Какие из нагрузок и воздействий относятся к постоянному типу?

195 Какие из нагрузок и воздействий относятся к временному типу?

196 Понятие долговечности по отношению к конструкциям искусственных сооружений.

197 Понятие транспортной развязки.

198 Перечислите случаи обязательного проектирования транспортных развязок на автомобильных дорогах.

199 Назовите виды пересечений (примыканий).

200 Перечислите особенности движения на стандартных перекрестках.

201 Охарактеризуйте возможные варианты организации левоповоротного движения.

202 Охарактеризуйте возможные варианты конфликтов Т-П и Т-Т на пешеходном переходе и пути их решения.

203 Понятие нестандартных перекрестков.

204 Изобразите типовые варианты реконструкции нестандартных перекрестков.

205 Что понимается под понятием канализирование движения?

206 Перечислите особенности движения на пересечениях канализированного типа.

207 Каково назначение каплевидных вытянутых островков?

208 Понятие и назначение накопительных полос.

209 Понятие, назначение и виды переходно-скоростных полос.

210 Охарактеризуйте преимущества и недостатки устройства КПК.

211 Назовите существующие способы регулирования на КПК.

212 Особенности движения на КПК при наличии регулирования «отсутствие помехи справа».

213 Особенности движения на КПК при наличии регулирования «главное кольцо».

214 Какие параметры влияют на пропускную способность КПК?

215 Преимущества устройства пересечений в разных уровнях.

216 Перечислите типы транспортных развязок.

217 Перечислите особенности устройства пересечений по типу «клеверный лист».

218 Особенности устройства пересечений по типу упрощенного распределительного кольца.

219 Назовите типы транспортных развязок трех направлений автомобильных дорог.

- 220 Какие бывают переезды по критерию места расположения?
- 221 Охарактеризуйте регулируемые и нерегулируемые переезды.
- 222 В каких случаях на переездах устанавливается обслуживание дежурным работником?
- 223 Назовите случаи устройства железнодорожных путей и автомобильной дороги в разных уровнях.
- 224 Перечислите основные требования к обустройству железнодорожных переездов.
- 225 Перечислите группы методов прогнозирования аварийности.
- 226 Как звучит основное положение статистической группы методов?
- 227 Опишите суть группы методов КФС.
- 228 Назовите основные недостатки группы методов КФС.
- 229 Какие методы включает в себя статистическая группа?
- 230 Охарактеризуйте группу методов потенциальной опасности.
- 231 Какие методы включает группа потенциальной опасности?
- 232 Какова суть метода коэффициентов аварийности?
- 233 Перечислите недостатки метода коэффициентов аварийности.
- 234 Охарактеризуйте суть метода коэффициентов безопасности.
- 235 Понятие коэффициента безопасности.
- 236 Перечислите недостатки метода коэффициентов безопасности.
- 237 Какова суть метода конфликтных точек?
- 238 Опишите модификации метода конфликтных точек.
- 239 Охарактеризуйте суть метода конфликтных зон.
- 240 Перечислите коэффициенты, входящие в формулу определения потенциальной опасности конфликтной зоны.
- 241 В чем заключается суть экспертной группы методов?
- 242 Перечислите основные причины ДТП на участках автомобильных дорог с ограниченной видимостью.
- 243 Охарактеризуйте, с точки зрения аварийности, понятие расстояния видимости в плане.
- 244 Чему равна величина критического расстояния видимости в плане на многополосных дорогах?
- 245 Понятие расстояния видимости в продольном профиле.
- 246 Из каких составляющих складывается расстояние видимости из условия выполнения безопасного обгона?
- 247 Понятие треугольника боковой видимости.
- 248 Опишите методику обеспечения видимости на кривой в плане.
- 249 По истечению какого времени человек считается погибшим в ДТП при наличии документально подтвержденной причинно-следственной связи между наступлением смерти и полученными в ДТП травмами?
- 250 Какие категории ДТП различают в Республике Беларусь?
- 251 Какие из категорий ДТП подразделяются на виды (и на какие)?
- 252 Какие происшествия не подлежат учету в качестве ДТП?
- 253 Кратко охарактеризуйте систему ВАДС.
- 254 Опишите основные особенности системы ВАДС при управлении автомобилем.
- 255 Понятие потерь в дорожном движении.
- 256 Какие потери в дорожном движении относятся к экономическим и экологическим?

- 257 Какие потери в дорожном движении относятся к аварийным и социальным?
- 258 Перечислите элементы поперечного профиля автомобильной дороги, оказывающие наибольшее влияние на аварийность.
- 259 Охарактеризуйте зависимость аварийности от параметров разделительной полосы.
- 260 Охарактеризуйте влияние состояния обочин на поведение водителя и уровень аварийности.
- 261 Опишите влияние соотношения ширины проезжей части автомобильной дороги и ширины проезжей части мостов (путепроводов) на аварийность.
- 262 Перечислите элементы продольного профиля автомобильной дороги, оказывающие наибольшее влияние на аварийность.
- 263 Влияние величины продольного уклона на риск ДТП.
- 264 Опишите влияние протяженности подъема (спуска) на риск ДТП.
- 265 Перечислите неблагоприятные сочетания параметров продольного профиля и плана и пути их решения.
- 266 Какова цель устройства дополнительной полосы для движения на подъеме?
- 267 Назначение аварийного съезда и его типы.
- 268 Какие различают виды аварийных съездов по месту расположения на продольном профиле?
- 269 Охарактеризуйте зависимость риска ДТП от величины радиуса кривых в плане.
- 270 Перечислите мероприятия по улучшению условий движения на кривых малого радиуса в плане.
- 271 Что называется ландшафтным проектированием дороги?
- 272 Какова основная цель ландшафтного проектирования?
- 273 Назовите особенность ландшафтного проектирования земляного полотна.
- 274 Чем опасно нарушение пространственной плавности трассы?
- 275 Перечислите возможные неблагоприятные сочетания элементов трассы.
- 276 Какие существуют основные приемы для ликвидации неблагоприятных сочетаний элементов трассы?
- 277 Сформулируйте суть принципа зрительного ориентирования водителей.
- 278 Перечислите основные средства обеспечения зрительного ориентирования водителей?
- 279 Назовите основные требования, касающиеся охраны окружающей среды, предъявляемые при проектировании трассы дороги.
- 280 Назовите основные принципы проложения трассы автомобильной дороги вдоль водотоков и по берегам больших водоемов.
- 281 Перечислите варианты маскировки растительными посадками неудачных и обезображенных строительством дороги мест.
- 282 Каким должно быть расстояние от оси трассы до линии жилой застройки для различных категорий автомобильных дорог?
- 283 Перечислите мероприятия, применяемые для защиты прилегающей к дороге местности от шума.
- 284 Сформулируйте суть всех защитных мероприятий прилегающей местности от транспортного шума.

---

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ И РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

---

### *Нормативные документы*

1 **ГОСТ 26775–97.** Габариты подмостовые судоходных пролетов мостов на внутренних водных путях. Нормы и технические требования. – Введ. 1998–01–01. – Минск : М-во архитектуры и стр-ва Респ. Беларусь, 2013. – 15 с.

2 **ГОСТ 30412–96.** Дороги автомобильные и аэродромы. Методы измерений неровностей оснований и покрытий. – Введ. 1997–01–01. – Минск : М-во архитектуры и стр-ва Респ. Беларусь, 2010. – 9 с.

3 **П17-02 к СНБ 5.01.01–99.** Проектирование и устройство подпорных стен и крепление котлованов. – Введ. 2003–01–07. – Минск : М-во архитектуры и стр-ва Респ. Беларусь, 2003. – 99 с.

4 **СНБ 3.01.04–02.** Градостроительство. Планировка и застройка населенных пунктов. – Введ. 2003–01–07. – Минск : М-во архитектуры и стр-ва Респ. Беларусь, 2003. – 79 с.

5 **СТБ 1033–2004.** Смеси асфальтобетонные дорожные, аэродромные и асфальтобетон. Технические условия. – Взамен СТБ 1033–96 ; введ. 2005–01–01. – Минск : М-во архитектуры и стр-ва Респ. Беларусь, 2004. – 30 с.

6 **СТБ 1140–2013.** Знаки дорожные. Общие технические условия. – Введ. 2015–01–01. – Минск : Межгос. совет по стандартизации, метрологии и сертификации : Белорус. гос. ин-т стандартизации и сертификации, 2015. – 75 с.

7 **СТБ 1158–2013.** Материалы противогололедные для зимнего содержания автомобильных дорог. – Взамен СТБ 1158–2008 ; введ. 2014–01–07. – Минск : Госстандарт, БелГИСС, 2014. – 16 с.

8 **СТБ 1231–2012.** Технические средства организации дорожного движения. Разметка дорожная. Общие технические условия. – Взамен СТБ 1231–2000 ; введ. 2013–01–01. – Минск : Госстандарт, 2013. – 53 с.

9 **СТБ 1291–2007.** Дороги автомобильные и улицы. Требования к эксплуатационному состоянию, допустимому по условиям обеспечения безопасности дорожного движения. – Взамен СТБ 1291–2001 ; введ. 2008–01–06. – Минск : Госстандарт, 2007. – 26 с.

10 **СТБ 1300–2014.** Технические средства организации дорожного движения. Правила применения. – Взамен СТБ 1300–2007 ; введ. 2014–01–09. – Минск : Госстандарт, 2014. – 140 с.

11 **СТБ 1538–2013.** Искусственные неровности на автомобильных дорогах и улицах. Технические требования и правила применения. – Взамен СТБ 1538–2005 ; введ. 2014–01–07. – Минск : Госстандарт, 2013. – 16 с.



## **432 СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ И РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ**

---

12 **СТБ 1566–2005**. Дороги автомобильные. Методы испытаний. – Введ. 2006–01–07. – Минск : Госстандарт, 2006. – 67 с.

13 **СТБ 2036–2010**. Смеси асфальтобетонные литые холодные для устройства защитных слоев. Технические условия. – Введ. 2010–01–08. – Минск : Госстандарт, 2010. – 29 с.

14 **СТБ 2074–2010**. Смеси асфальтобетонные вибролитые и вибролитой асфальтобетон. Технические условия. – Введ. 2011–01–01. – Минск : Госстандарт, 2010. – 31 с.

15 **СТБ 2303–2013**. Технические средства организации дорожного движения. Устройства направляющие. Общие технические условия. – Введ. 2013–01–11. – Минск : Госстандарт, 2013. – 46 с.

16 **ТКП 45-2.04-153-2009 (02250)**. Естественное и искусственное освещение. Строительные нормы проектирования. – Введ. 2010–01–01. – Минск : М-во архитектуры и стр-ва Респ. Беларусь, 2010. – 100 с.

17 **ТКП 45-3.03-19-2006 (02250)**. Автомобильные дороги. Нормы проектирования. – Введ. 2006–26–01. – Минск : М-во архитектуры и стр-ва Респ. Беларусь, 2013. – 55 с.

18 **ТКП 45-3.03-96–2008 (02250)**. Автомобильные дороги низших категорий. Правила проектирования. – Введ. 2008–01–11. – Минск : М-во архитектуры и стр-ва Респ. Беларусь, 2008. – 41 с.

19 **ТКП 45-3.03-112–2008 (02250)**. Автомобильные дороги. Нежесткие дорожные одежды. Правила проектирования. – Введ. 2009–01–07. – Минск : М-во архитектуры и стр-ва Респ. Беларусь, 2009. – 82 с.

20 **ТКП 45-3.03-227–2010 (02250)**. Улицы населенных пунктов. Строительные нормы проектирования. – Введ. 2010–17–12. – Минск : М-во архитектуры и стр-ва Респ. Беларусь, 2011. – 49 с.

21 **ТКП 45-3.03-232–2011**. Мосты и трубы. Строительные нормы проектирования. – С отменой СНИП 2.05.03–84 ; введ. 2011–01–11. – Минск : М-во архитектуры и стр-ва Респ. Беларусь, 2012. – 149 с.

22 **ТКП 059–2012 (02191)**. Автомобильные дороги. Правила устройства. – Взамен ТКП 059–2007 (02191) ; введ. 2012–01–09. – Минск : Департамент «Белавтодор» М-ва трансп. и коммуникаций Респ. Беларусь, 2012. – 55 с.

23 **ТКП 094–2012 (02191)**. Автомобильные дороги. Правила устройства асфальтобетонных покрытий и защитных слоев. – Взамен ТКП 094–2007 (02191) ; введ. 2012–01–10. – Минск : Департамент «Белавтодор» М-ва трансп. и коммуникаций Респ. Беларусь, 2012. – 68 с.

24 **ТКП 100–2011 (02191)**. Порядок организации и проведения работ по зимнему содержанию автомобильных дорог. – Взамен ТКП 100–2007 (02191) ; введ. 2011–15–11. – Минск : Департамент «Белавтодор» М-ва трансп. и коммуникаций Респ. Беларусь, 2011. – 73 с.

25 **ТКП 140–2015 (33200)**. Автомобильные дороги. Порядок выполнения диагностики. – Взамен ТКП 140–2008 (02191). – Минск : Департамент «Белавтодор» М-ва трансп. и коммуникаций Респ. Беларусь, 2015. – 75 с.

26 **ТКП 203–2009 (02191)**. Автомобильные дороги. Правила устройства покрытий и защитных слоев покрытий по мембранной технологии. – С отменой РД 0219.1.23–2002 и РД 0219.1.28–2002 ; введ. 2009–01–11. – Минск : Департамент «Белавтодор» М-ва трансп. и коммуникаций Респ. Беларусь, 2009. – 28 с.

27 **ТКП 246–2010 (02191)**. Автомобильные дороги. Правила содержания и текущего ремонта гравийных покрытий. – С отменой РД 0219.1.32–2003 ; введ. 2010–01–06. – Минск : Департамент «Белавтодор» М-ва трансп. и коммуникаций Респ. Беларусь, 2010. – 36 с.

28 **ТКП 306–2011 (02191)**. Автомобильные дороги. Правила устройства покрытий и оснований из эмульсионно-минеральных смесей. – С отменой ДМД 02191.2.020–2008 ; введ. 2011–01–06. – Минск : Департамент «Белавтодор» М-ва трансп. и коммуникаций Респ. Беларусь, 2011. – 38 с.

29 **ТКП 543–2014 (02190)**. Железнодорожные переезды. Правила проектирования, устройства и эксплуатации. – Минск : ГО «Белорусская железная дорога» М-ва трансп. и коммуникаций Респ. Беларусь, 2013. – 66 с.

30 **ТП 503-0-51–89**. Пересечения и примыкания автодорог в одном уровне. – Введ. 1989–20–06. – М. : Союздор проект Минтрансстрой, 1989. – 30 с.

31 **ТУ РБ 00149438.087–99**. Настилы из резиновых плит для железнодорожных переездов (ОАО «Беларусьрезинотехника»).

32 Об утверждении Инструкции о порядке учета дорожно-транспортных происшествий : приказ Министерства внутренних дел Респ. Беларусь от 21.03.2013 г. № 97.

33 Программа по развитию транспорта и коммуникаций Республики Беларусь на 2015–2019 гг. Утверждена Постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 31.12.2014 г. № 1296.

*Учебные, справочные и научные издания*

34 Автомобильные дороги Беларуси : Энциклопедия / под общ. ред. А. В. Мина; Худож. В. М. Жук. – Минск : БелЭн, 2002. – 672 с.

35 Автомобильные перевозки и организация дорожного движения : справ. / пер. с англ. В. У. Рэнкин [и др.]. – М. : Транспорт, 1981. – 592 с.

36 **Бабаскин, Ю. Г.** Технология строительства дорог. Практикум : учеб. пособие / Ю. Г. Бабаскин, И. И. Леонович. – Мн. : Новое знание ; М. : ИНФРА-М, 2012. – 429 с.

37 **Бабков, В. Ф.** Проектирование автомобильных дорог : учеб. для вузов. – 2-е изд., перераб. и доп. – В 2 ч. Ч. 1 Проектирование автомобильных дорог. / В. Ф. Бабков, О. В. Андреев. – М. : Транспорт, 1987. – 368 с.

38 **Бабков В. Ф.** Проектирование автомобильных дорог : учеб. для вузов. – 2-е изд., перераб. и доп. – В 2 ч. Ч. 2 Проектирование автомобильных дорог. / В. Ф. Бабков, О. В. Андреев. – М. : Транспорт, 1987. – 415 с.

39 **Бабков, В. Ф.** Дорожные условия и безопасность движения : учеб. пособ. для вузов. – 3-е изд., перераб. и доп. / В. Ф. Бабков. – М. : Транспорт, 1982. – 288 с.

40 **Бабков, В. Ф.** Дорожные условия и безопасность движения / В. Ф. Бабков. – М. : Транспорт, 1993. – 271 с.

41 **Бабков, В. Ф.** Ландшафтное проектирование автомобильных дорог : учеб. пос. для автомобильно-дорожных вузов / В. Ф. Бабков. – М. : Транспорт, 1980. – 189 с.

42 **Боровик, В. В.** Исследование взаимного влияния дорожных условий на пропускную способность автомобильных дорог: дис. канд. техн. наук : 05.23.11 / Волгоградский ГАСУ. – Волгоград, 1995. – 146 с.

43 **Васильев, А. П.** Эксплуатация автомобильных дорог : учеб. для студ. высш. учеб. заведений. – 2-е изд., стер. – в 2 т. Т. 1. Эксплуатация автомобильных дорог. / А. П. Васильев. – М. : Изд. центр «Академия», 2011. – 320 с.

44 **Васильев, А. П.** Эксплуатация автомобильных дорог : учеб. для студ. высш. учеб. заведений. – 2-е изд., стер. – В 2 т. Т. 2. Эксплуатация автомобильных дорог / А. П. Васильев. – М. : Изд. центр «Академия», 2011. – 320 с.

45 **Васильев, А. П.** Эксплуатация автомобильных дорог и организация дорожного движения / А. П. Васильев, В. М. Сиденко. – М. : Транспорт, 1990. – 304 с.

46 **Врубель, Ю. А.** Водителю о дорожном движении : пособие для слушателей учеб. центра подготовки, повышения квалификации и переподготовки кадров авто-тракторного ф-та / Ю. А. Врубель, Д. В. Капский. – Минск : БНТУ, 2006. – 129 с.

47 **Врубель, Ю. А.** Организация дорожного движения. В 2 ч. Ч. 1. Организация дорожного движения. / Ю. А. Врубель. – Минск : Белорус. фонд безопасности дорожного движения, 1996. – 328 с.

48 **Врубель, Ю. А.** Организация дорожного движения. В 2 ч. Ч. 2. Организация дорожного движения / Ю. А. Врубель. – Минск : Белорус. фонд безопасности дорожного движения, 1996. – 306 с.

49 **Врубель, Ю. А.** Потери в дорожном движении / Ю. А. Врубель. – Минск : БНТУ, 2003. – 380 с.

50 **Гречнева, Г. И.** Оценка проектных решений и безопасность движения : учеб. пособие / Г. И. Гречнева, В. А. Шнайдер. – Омск : СибАДИ, 2010. – 141 с.

51 **Дрю, Д.** Теория транспортных потоков и управление ими / Д. Дрю; пер. с англ. – М. : Транспорт, 1972. – 424 с.

52 **Каменев С. Н.** Транспортные сооружения : учеб. пособие / С. Н. Каменев. – Смоленск, 2010. – 262 с.

53 **Капский, Д. В.** Прогнозирование аварийности в дорожном движении : [монография] / Д. В. Капский. – Минск : БНТУ, 2008. – 243 с.

54 **Капский, Д. В.** Совершенствование метода прогнозирования аварийности на регулируемых перекрестках для повышения безопасности движения : дис. канд. техн. наук : 05.22.10 / Д. В. Капский ; БНТУ – Минск, 2003. – 132 с.

55 **Автомобильные дороги** / Я. Н. Ковалев [и др.]. – Минск : Арт Дизайн, 2006, – 352 с.

56 **Кот, Е. Н.** Пути сообщения и их транспортные качества : учеб.-метод. пособие для студ. спец. 1-44 01 01 «Организация перевозок и управление на автомобильном и городском транспорте» / Е. Н. Кот. – Минск : БНТУ, 2005. – 40 с.

57 **Леонович, И. И.** Диагностика автомобильных дорог : учеб. пособие / И. И. Леонович, С. В. Богданович, И. В. Нестерович. – Минск : Новое знание, 2011. – 350 с.

58 **Лобанов, Е. М.** Транспортное планирование городов : учеб. для студ. вузов / Е. М. Лобанов – М. : Транспорт, 1990. – 240 с.

59 **Методические рекомендации по назначению мероприятий для повышения безопасности движения на участках концентрации ДТП.** Российское дорожное агентство от 30.03.2000 г. № 65-р – М. : Информавтодор, 2000. – 63 с.

60 **Рекомендации по обеспечению безопасности дорожного движения на участках концентрации ДТП на автомобильных дорогах общего пользования** [утв. приказом Ком. по автомобильным дорогам М-ва трансп. и коммуникаций Респ. Беларусь № 43 от 27.03.2001 г.] – 54 с.

61 **Сильянов, В. В.** Транспортно-эксплуатационные качества автомобильных дорог : учеб. пособие. – В 2 ч. Ч. 1. Транспортно-эксплуатационные качества автомобильных дорог / В. В. Сильянов. – М. : МАДИ, 1978. – 103 с.

62 **Сильянов, В. В.** Транспортно-эксплуатационные качества автомобильных дорог и городских улиц : учеб. для студ. высш. учеб. заведений / В. В. Сильянов, Э. Р. Домке. – 2-е изд., стер. – М. : Изд. центр «Академия», 2008. – 352 с.

63 Содержание и ремонт автомобильных дорог : пособие начальнику линейной дорожной дистанции и дорожному мастеру по ремонту и содержанию автомобильных дорог / С. Е. Кравченко [и др.]. – Мн. : БНТУ, 2013. – 239 с.

64 Справочник по безопасности дорожного движения : справ. пособие. – М. : РОСАВТОДОР, 2010. – 384 с.

65 Транспорт. Управление и страхование : учеб. пособие. В 2 ч. Ч. 1. Транспорт. Управление / А. А. Михальченко [и др.]. – Гомель : БелГУТ, 2013. – 248 с.

66 **Ходоскин, Д. П.** Столкновение с ударом сзади при подъезде к регулируемому перекрестку : выбор методов исследования и прогнозирования : [монография] / Д. П. Ходоскин. – LAP LAMBERT Academic Publishing GmbH & Co. KG, Saarbrücken, Germany, 2012. – 226 с.

67 **Ходоскин, Д. П.** Расположение зоны дилеммы: методика, недостатки существующих подходов. / Д. П. Ходоскин // Вестник Белорус. государственного университета транспорта. Наука и транспорт. – Гомель : БелГУТ, 2012. – № 1(24). – С. 32–38.

68 **Ходоскин, Д. П.** Столкновения с ударом сзади: методология прогнозирования. / Д. П. Ходоскин // Коммунальное хозяйство городов. Науч.-технич. сборник. Сер. Технические науки и архитектура. – Харьков, 2012. – № 103. – С. 407–415.

69 **Чванов, В. В.** Анализ влияния показателей технического уровня дорог на безопасность движения и его учет в нормах проектирования реконструкции. / В. В. Чванов // Дороги и мосты : сб. ст. / ФГУП РосдорНИИ. – М., 2008. – Вып. 20/2. – С. 196–203.

70 **Чванов, В. В.** Исследование влияния временных ограничений в работе водителя на безопасность движения / В. В. Чванов // Транспорт. Наука, техника, управление : науч.-информ. сб. / «ВИНИТИ». – М., 2005. – Вып. № 3. – С. 27–32.

71 **Чванов, В. В.** Исследования влияния параметров поперечного профиля автомобильных дорог на безопасность движения / В. В. Чванов // Дороги и мосты : сб. ст. / ФГУП РосдорНИИ. – М., 2006. – Вып. № 15/2. – С. 238–251.

72 **Чванов, В. В.** Исследование риска дорожно-транспортных происшествий на пересечениях и примыканиях дорог для обоснования мероприятий по повышению безопасности движения / В. В. Чванов // Дороги и мосты : сб. ст. / ФГУП РосдорНИИ. – М., 2006. – Вып. № 15/1. – С. 143–152.

73 **Чванов, В. В.** Классификация показателей кривизны плана трассы автомобильных дорог по условиям безопасности движения / В. В. Чванов // Дороги и мосты : сб. ст. / ФГУП РосдорНИИ. – М., 2008. – Вып. № 18/1. – С. 18–37.

74 **Шуляков Л. В.** Общие сведения об автомобильных дорогах : учеб. пособ. для студ. неэконом. спец. вузов / Л. В. Шуляков, В. Н. Основин. – Горки : БГСХА, 2002. – 39 с.

75 **Эльвик Р., В. Труле.** Справочник по безопасности дорожного движения : Перев. с норвеж. / под ред. В. В. Сильянова. – М. : МАДИ (ГТУ), 2001 г. – 754 с.

*Учебные, справочные и научные зарубежные издания*

76 **Haar, M. E.** A Theory of Traffic Flow for Evaluation of Geometric Aspects of Hightways / M. E. Haar, G. A. Leonards // Highway Res. Board Bull. – 1961. – № 308. – P. 26–38.

77 **Haight, F. A.** Mathematical Theory for Traffic Flow. / F. A. Haight. – NY. : Academic Press, 1963. – 155 p.

78 **Herman, R.** Frequency and Amplitude Dependence of Disturbances in a Traffic Streams / R. Herman, R. Rothery. // Proceedings of IV International Symposium on Theory Traffic Flow. – 1969. – P. 14–22.

79 Highway Capacity Manual. Highway Research Board. Special Report № 87. 1965. – 398 p.

80 **Kapski, Denis.** Theoretical principles of forecasting accident rate in the conflict section of the cities by the method of potential danger / Denis Kapski, Ivan Leonovich, Kornelija Ratkeviciute // The Baltic Journal of Road and Bridge Engineering. – 2007. – Vol II, № 3. – P. 133–140.

81 **Rappoport, H. A.** Die Ausbildung plangeicher Knotenpunkte im Landstrassen-netz / H. A. Rappoport. – Strassen und Tiefbau, 1955. – № 8. – S. 499–510.

*Источники из интернета*

82 <http://mintrans.gov.by/rus/activity/roadmanagement/ctstructure/coridori>.

83 <http://irfcis.net/karta-sng/page,11,7-belarus.html>.

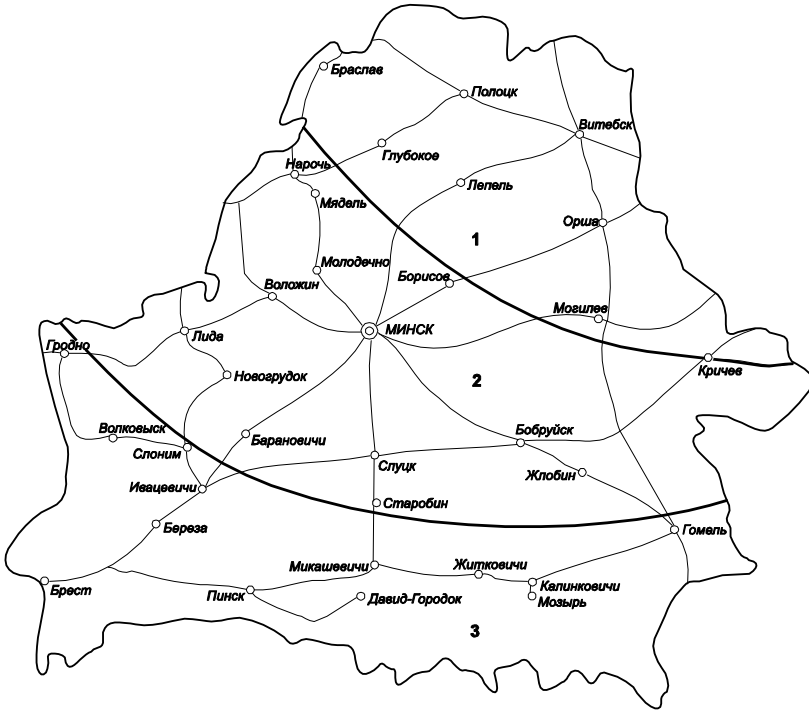
84 <http://www.allbridges.ru/mosty-drevnego-rima>.

85 <http://www.rutraveller.ru/place/23146>.

ПРИЛОЖЕНИЕ В

(справочное)

**ДОРОЖНО-КЛИМАТИЧЕСКОЕ РАЙОНИРОВАНИЕ ТЕРРИТОРИИ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ**

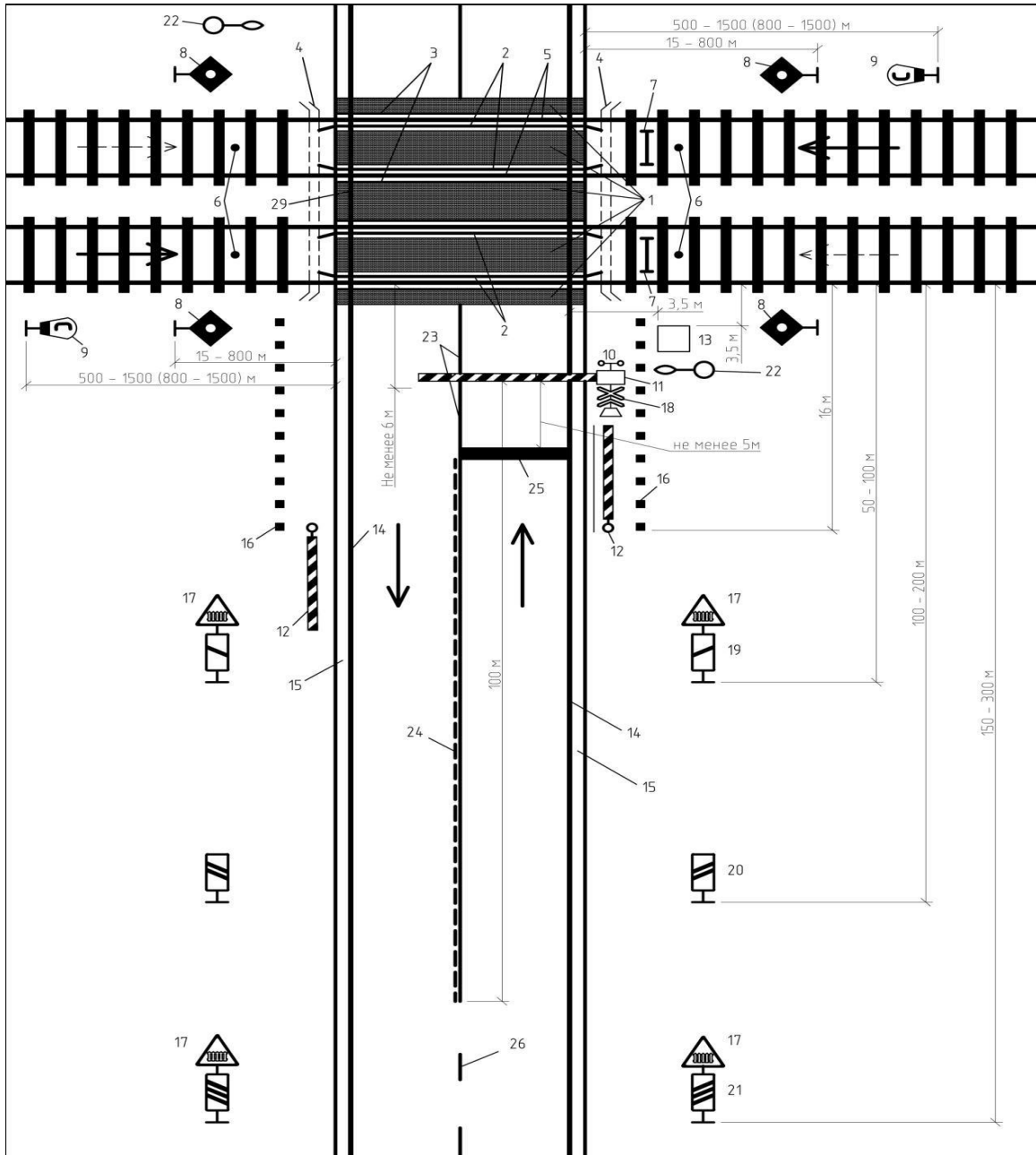


- автомобильные дороги;
- границы дорожно-климатических районов

Расположение дорожно-климатических районов [17]:  
 1 – северный, влажный; 2 – центральный, умеренно-влажный;  
 3 – южный, неустойчиво-влажный

ПРИЛОЖЕНИЕ А  
(справочное)

СХЕМА ОБУСТРОЙСТВА ПЕРЕЕЗДА СО ШЛАГБАУМОМ ВНЕ НАСЕЛЕННЫХ ПУНКТОВ<sup>1)</sup>



- 1—настил проезжей части; 2—контроль; 3—деревянные брусья (применяются при устройстве контрольных); 4—водосточные лотки; 5—путь рельсы; 6—пристопорение для установки переносных сигналов остановки поезда; 7—пристопорение для определения нижней наборы скорости подвижного состава; 8—заградительный светофор, другие светофоры, используемые в качестве заградительного; 9—предупредительный сигнальный знак «С»; 10—переездный светофор; 11—переездный шлагбаум (автоматический, полуавтоматический переездный шлагбаум или электрошлагбаум); 12—ручной шлагбаум; 13—здание переездного поста; 14—край проезжей части; 15—укрепления обочины; 16—сигнальные столбики; 17—дорожный знак 1.1 «Железнодорожный переезд со шлагбаумом»; 18—дорожный знак 1.3.2 «Многопутная железная дорога»; 19-21—дорожные знаки 1.4.1-1.4.6 «Приближение к железнодорожному переезду»; 22—манга освещения; 23—горизонтальная разметка 1.1.1; 24—горизонтальная разметка 1.1.1; 25—горизонтальная разметка 1.1.2; 26—горизонтальная разметка 1.6; 29—горизонтальная разметка 1.2;

Примечания

- 1 В схемах указаны расстояния от переезда до предупредительного сигнального знака «С» при установленных скоростях движения поездов свыше 120 км/ч.  
2 Дублирующие дорожные знаки 1.1 и дополнительные светофоры необходимо устанавливать при неудовлетворительной видимости.  
3 Цифровые обозначения горизонтальной разметки приняты согласно стандарту [10].  
4 Горизонтальная разметка на схеме приведена на двух полосах движения в обоих направлениях.  
5 Когда высота манг освещения на переезде определяется требуемым уровнем освещенности верха покрытия настила.  
6 Расстояние от центра верхней плоскости фундамента переездного шлагбаума (поз. 11) до края проезжей части должно быть не менее 1 м.  
7 На схеме приведена расстановка заградительных светофоров при движении поездов в обоих направлениях каждого пути. При движении поездов только по правильному пути заградительные светофоры устанавливаются с правой стороны по ходу движения поездов.





## ПРИЛОЖЕНИЕ Г

(справочное)

**РЕКВИЗИТЫ КАРТОЧКИ УЧЕТА ДТП****1. Общие сведения:**

- 1.1. № карточки;
- 1.2. № по единой книге регистрации заявлений и сообщений о преступлениях, административных правонарушениях и информации о происшествиях;
- 1.3. дата совершения (число, месяц, год);
- 1.4. время совершения;
- 1.5. день недели;
- 1.6. число пострадавших (погибло, ранено);
- 1.7. категория ДТП;
- 1.8. вид ДТП.

**2. Место совершения ДТП:**

- 2.1. район;
- 2.2. населенный пункт;
- 2.3. улица (проезд);
- 2.4. дом, корпус (№);
- 2.5. пересекаемая улица (проезд);
- 2.6. значение автомобильной (грунтовой) дороги;
- 2.7. автомобильная (грунтовая) дорога;
- 2.8. километр, метр;
- 2.9. принадлежность автомобильной (грунтовой) дороги;
- 2.10. организация, обслуживающая дорогу (улицу).

**3. Описание ДТП:**

- 3.1. схема ДТП;
- 3.2. фабула ДТП.

**4. Дорожные условия:**

- 4.1. вид покрытия;
- 4.2. состояние проезжей части;
- 4.3. освещенность;
- 4.4. элементы плана и профиля;
- 4.5. погодные условия;
- 4.6. число полос движения;
- 4.7. ширина проезжей части;
- 4.8. ширина обочины;
- 4.9. ширина разделительной полосы;
- 4.10. ширина тротуара;
- 4.11. неудовлетворительные дорожные условия;
- 4.12. другие элементы дороги (улицы).

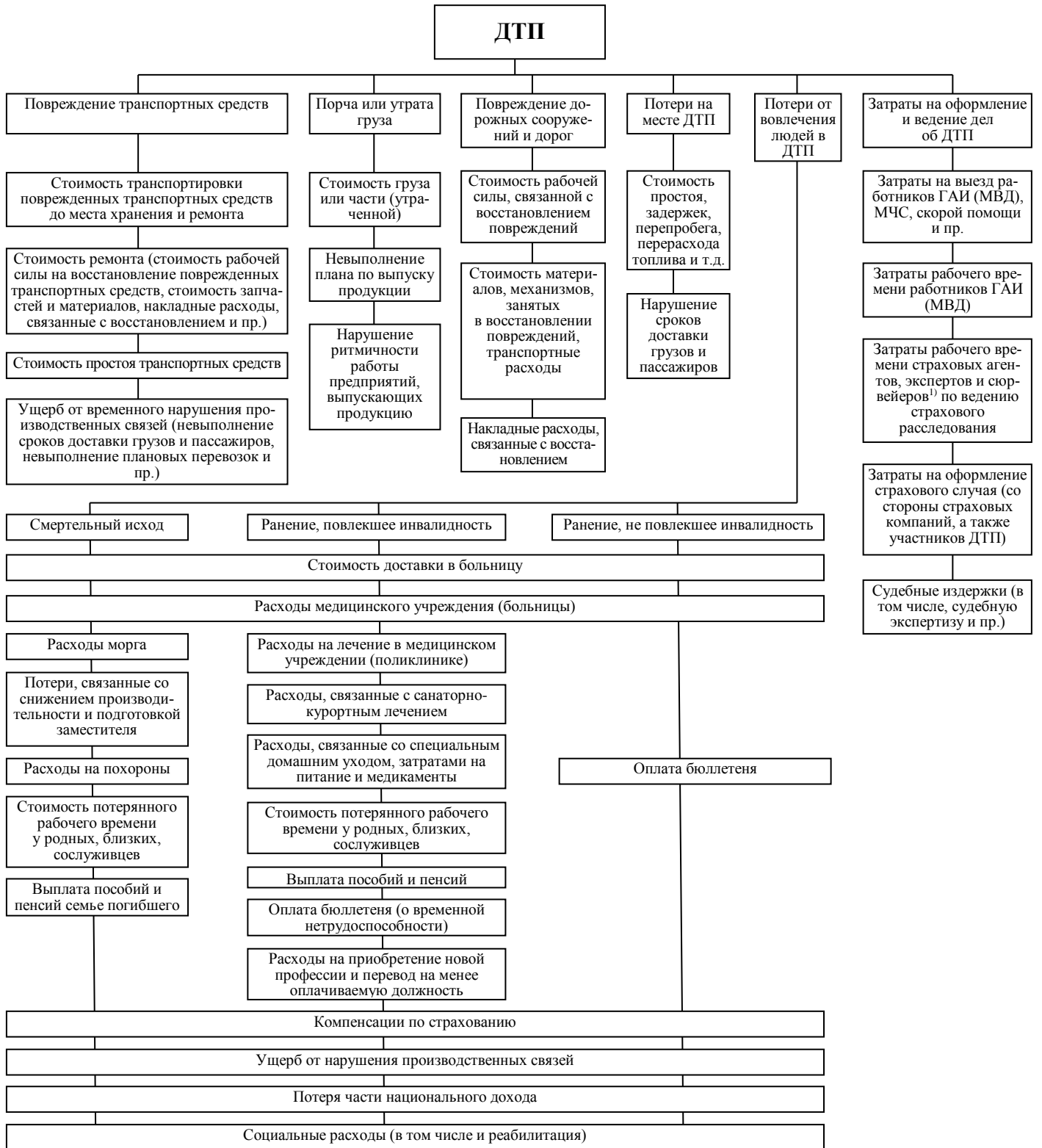
**5. Сведения о механических транспортных средствах:**

- 5.1. порядковый №;
- 5.2. марка, модель;
- 5.3. тип транспортного средства;
- 5.4. свидетельство о регистрации;
- 5.5. регистрационный знак;
- 5.6. № кузова (шасси);

- 5.7. год выпуска;
  - 5.8. государство регистрации;
  - 5.9. область регистрации;
  - 5.10. район регистрации;
  - 5.11. населенный пункт регистрации;
  - 5.12. улица;
  - 5.13. дом, корпус, квартира (№);
  - 5.14. ведомственная принадлежность, наименование юридического лица (фамилия, собственное имя, отчество физического лица);
  - 5.15. тип привода;
  - 5.16. вид груза;
  - 5.17. расположение руля;
  - 5.18. цвет (группа цвета);
  - 5.19. наличие прицепа;
  - 5.20. техническая неисправность.
- 6. Специальные сведения о водителе:**
- 6.1. водительское удостоверение;
  - 6.2. дата выдачи водительского удостоверения;
  - 6.3. стаж;
  - 6.4. категории водительского удостоверения.
- 7. Участник ДТП (общие сведения):**
- 7.1. № участника;
  - 7.2. наименование документа, удостоверяющего личность (серия, № документа, личный № участника);
  - 7.3.1–7.3.3 фамилия; собственное имя; отчество;
  - 7.4. пол;
  - 7.5. дата рождения;
  - 7.6. категория участника;
  - 7.7. принадлежность к механическому транспортному средству.
- 8 Адрес места жительства (пребывания) участника ДТП:**
- 7.8. государство;
  - 7.9. область;
  - 7.10. район;
  - 7.11. населенный пункт;
  - 7.12. улица;
  - 7.13. дом, корпус, квартира (№);
  - 7.14. место работы (ведомственная принадлежность, наименование юридического лица);
  - 7.15. ранен, погиб;
  - 7.16. дата смерти;
  - 7.17. степень тяжести травм;
  - 7.18. организация здравоохранения;
  - 7.19. физическое состояние;
  - 7.20. нарушения ПДД;
  - 7.21. ремень, шлем;
  - 7.22. принятые меры;
  - 7.23. виновность.
- 9. Другие реквизиты**



ПРИЛОЖЕНИЕ Б  
(структурное)  
**СТРУКТУРА АВАРИЙНЫХ ПОТЕРЬ**



<sup>1)</sup> Сюрвейер — эксперт, производящий осмотр транспортного средства, груза и дающий заключение об их состоянии, размере повреждений при аварии и т. д.



---

## ОГЛАВЛЕНИЕ

---

Принятые сокращения.....	3
Предисловие.....	4
<b>1 Автомобильные дороги.....</b>	<b>10</b>
1.1 Развитие автомобильных дорог в Республике Беларусь.....	10
1.2 Европейские транспортные коридоры на территории Республики Беларусь.....	18
1.3 Значение транспорта и путей сообщения для экономики Республики Беларусь.....	21
1.4 Классификация автомобильных дорог.....	25
1.5 Параметрические характеристики автомобильных дорог.....	32
1.5.1 План трассы и ее элементы.....	32
1.5.2 Поперечный профиль автомобильной дороги.....	43
1.5.3 Продольный профиль автомобильной дороги.....	55
1.6 Дорожные одежды автомобильных дорог.....	66
1.6.1 Назначение слоев и классификация дорожных одежд автомобиль- ных дорог.....	66
1.6.2 Классификация дефектов покрытий проезжей части автомобиль- ных дорог.....	69
1.6.3 Факторы, вызывающие деформации и разрушения дорожных одежд.....	73
1.6.4 Конструирование дорожных одежд.....	76
1.7 Отвод воды с поверхности автомобильных дорог.....	98
1.7.1 Нормы проектирования водоотводных сооружений.....	98
1.7.2 Укрепление земляного полотна и водоотводных сооружений.....	99
1.7.3 Содержание полосы отвода, земляного полотна и водоотвода.....	102
1.7.4 Механизм разрушения земляного полотна. Система поверхност- ного водоотвода.....	104
1.7.5 Защита земляного полотна от эрозии.....	110
1.8 Зимнее содержание автомобильных дорог.....	113
1.8.1 Снегоперенос, снегопринос и снеготранспортируемость дорог.....	113
1.8.2 Общая характеристика работы снегозадерживающих устройств.....	115
1.8.3 Защита автомобильных дорог от снежных заносов.....	117
1.8.4 Очистка автомобильных дорог от снеговых отложений.....	133
1.8.5 Виды зимней скользкости и методы борьбы с ней. Классифика- ция и параметры противогололедных материалов.....	139
1.9 Обустройство автомобильных дорог.....	143
1.9.1 Оборудование пешеходных переходов.....	143
1.9.2 Дорожные ограждения.....	145
1.9.3 Автобусные остановки.....	156
1.9.4 Обслуживание участков дорожного движения.....	157
1.9.5 Велосипедные и пешеходные дорожки, тротуары.....	158
1.9.6 Пересечения автомобильных дорог с инженерными коммуникациями.....	160
1.9.7 Освещение автомобильных дорог.....	161

1.9.8	Озеленение автомобильных дорог.....	169
1.9.9	Организация придорожного сервиса.....	175
1.10	Классификация и характеристика транспортно-эксплуатационных качеств автомобильных дорог. Приборы и методы их измерения.....	177
1.10.1	Общая классификация транспортно-эксплуатационных качеств автомобильных дорог.....	177
1.10.2	Транспортно-эксплуатационные качества автомобильных дорог, характеризующие транспортную работу.....	181
1.10.3	Транспортно-эксплуатационные качества автомобильных дорог, характеризующие дорожную одежду.....	209
1.10.4	Транспортно-эксплуатационные качества автомобильных дорог, характеризующие ее общее состояние и условия движения.....	240
<b>2</b>	<b>Искусственные сооружения на автомобильных дорогах.....</b>	<b>245</b>
2.1	Искусственные сооружения древности.....	245
2.2	Классификация искусственных сооружений.....	246
2.2.1	Искусственные сооружения, пересекающие естественные препятствия местности.....	247
2.2.2	Искусственные сооружения, предназначенные для улучшения условий движения транспортных средств и пешеходов.....	259
2.2.3	Специальные сооружения. Малые водопропускные сооружения.....	266
2.3	Основы проектирования искусственных сооружений.....	275
2.3.1	Выбор месторасположения мостового перехода через судоходные реки.....	275
2.3.2	Общие требования, предъявляемые к нормам проектирования мостов и труб.....	276
2.4	Классификация нагрузок и воздействий, действующих на конструкции мостов и труб.....	290
2.5	Долговечность.....	292
<b>3</b>	<b>Пересечения и примыкания на автомобильных дорогах.....</b>	<b>293</b>
3.1	Общие положения по проектированию пересечений и примыканий на автомобильных дорогах.....	293
3.2	Пересечения автомобильных дорог в одном уровне.....	296
3.2.1	Виды перекрестков и особенности движения на них.....	296
3.2.2	Пересечения канализованного типа и особенности движения на них.....	302
3.2.3	Кольцевые перекрестки и особенности движения на них.....	305
3.3	Пересечения автомобильных дорог в разных уровнях.....	312
3.4	Элементы транспортных развязок.....	319
3.5	Проектирование транспортной развязки «полный клеверный лист».....	321
3.6	Пересечения автомобильных дорог и железнодорожных путей (железнодорожные переезды).....	324
3.6.1	Классификация железнодорожных переездов.....	324
3.6.2	Устройство, проектирование и эксплуатация железнодорожных переездов.....	325
3.6.3	Требования к обустройству железнодорожных переездов.....	328
<b>4</b>	<b>Оценка обеспеченности безопасности движения на автомобильных дорогах.....</b>	<b>333</b>
4.1	Методы прогнозирования аварийности.....	333
4.1.1	Статистическая группа методов.....	333

4.1.2	Группа методов конфликтных ситуаций.....	336
4.1.3	Группа методов потенциальной опасности.....	339
4.1.4	Экспертная группа методов.....	355
4.2	Определение видимости в направлении движения, в конфликтах Т–Т и Т–П и на кривых в плане.....	357
4.2.1	Видимость в плане, в продольном профиле и боковая.....	357
4.2.2	Определение видимости в направлении движения.....	362
4.2.3	Определение боковой видимости в конфликтах Т–Т и Т–П.....	364
4.2.4	Определение видимости на кривых в плане.....	366
4.3	Классификация ДТП, их учет. Система «ВАДС». Потери в дорожном движении.....	368
4.3.1	Классификация ДТП по категориям и видам.....	368
4.3.2	Общие положения и порядок учета ДТП.....	370
4.3.3	Ведение учета ДТП.....	372
4.3.4	Порядок заполнения карточки и включения сведений о ДТП и пострадавших в базу данных.....	373
4.3.5	Общие сведения о системе «ВАДС».....	374
4.3.6	Потери в дорожном движении.....	378
4.4	Способы повышения безопасности движения путем совершенствования характеристик дорог.....	381
4.4.1	Совершенствование параметров элементов поперечного профиля дороги.....	381
4.4.2	Совершенствование параметров элементов продольного профиля дороги.....	390
4.4.3	Мероприятия по улучшению условий движения в продольном профиле.....	394
4.4.4	Совершенствование параметров элементов кривых в плане малого радиуса.....	399
4.4.5	Мероприятия по улучшению условий движения на кривых малого радиуса в плане.....	402
4.5	Принципы безопасного проложения трассы на местности.....	405
4.5.1	Ландшафтное проектирование. Трассирование дороги в увязке с окружающим ландшафтом.....	405
4.5.2	Обеспечение пространственной плавности трассы.....	409
4.5.3	Учет требований охраны окружающей среды при проектировании и выборе направления трассы.....	414
4.5.4	Проложение автомобильной дороги в районе населенных пунктов. Мероприятия по защите прилегающей местности от шума.....	416
	<b>Заключение.....</b>	<b>420</b>
	<b>Контрольные вопросы.....</b>	<b>423</b>
	<b>Список использованной и рекомендуемой литературы.....</b>	<b>431</b>
	Приложение А. Схема обустройства переезда со шлагбаумом вне населенных пунктов.....	вкл.
	Приложение Б. Структура аварийных потерь.....	вкл.
	Приложение В. Дорожно-климатическое районирование территории Республики Беларусь.....	437
	Приложение Г. Реквизиты карточки учета ДТП.....	438
	Приложение Д. Журнал учета ДТП.....	440



Учебное издание

*ХОДОСКИН Дмитрий Петрович*  
*ЛАПСКИЙ Сергей Леонидович*  
*МИХАЛЬЧЕНКО Анатолий Александрович и др.*

**АВТОМОБИЛЬНЫЕ ДОРОГИ.  
ДОРОЖНЫЕ УСЛОВИЯ И БЕЗОПАСНОСТЬ ДВИЖЕНИЯ**

Учебное пособие

Редактор И. И. Эвентов  
Технический редактор В. Н. Кучерова  
Корректор Т. А. Пугач  
Компьютерный набор и верстка – Д. П. Ходоскин, О. А. Ходоскина

Подписано в печать 22.09.2017 г. Формат 60x84 1/16.  
Бумага офсетная. Гарнитура Таймс. Печать на ризографе.  
Усл. печ. л. 25,8 + 1 вкл. (0,23 усл. печ. л.). Уч.-изд. л. 24,8. Тираж 200 экз.  
Зак. № . Изд. № 91

Издатель и полиграфическое исполнение:  
Белорусский государственный университет транспорта.  
Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя,  
распространителя печатных изданий  
№ 1/361 от 13.06.2014.  
№ 2/104 от 01.04.2014.  
Ул. Кирова, 34, 246653, г. Гомель