

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

---

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
«Пензенский государственный университет  
архитектуры и строительства»  
(ПГУАС)

**А.П. Бажанов**

## **ОБЩИЙ КУРС ПУТЕЙ СООБЩЕНИЯ**

Допущено УМО вузов РФ по образованию  
в области железнодорожного транспорта и транспортного строительства  
в качестве учебного пособия для студентов вузов,  
обучающихся по специальности «Автомобильные дороги и аэродромы»  
направления подготовки «Транспортное строительство»  
и направлению подготовки бакалавров «Строительство»  
(профиль подготовки «Автомобильные дороги»)

Пенза 2014

УДК 625+656.6/.7+621.644(075.8)

ББК 39я73

Б16

Рецензенты: кафедра «Строительство и эксплуатация транспортных сооружений» Волгоградского государственного университета архитектуры и строительства (зав. кафедрой доктор технических наук, профессор С.В. Алексиков);  
доктор технических наук, профессор, зав. кафедрой «Транспортное строительство» Саратовского государственного технического университета В.В. Столяров

**Бажанов А.П.**

Б16      Общий курс путей сообщения: учеб. пособие / А.П. Бажанов. – Пенза: ПГУАС, 2014. – 252 с.

**ISBN 978-5-9282-1078-6**

Изложена история развития путей сообщения, транспортных средств и транспортного строительства, начиная с момента появления их в первобытном и рабовладельческом обществе до периода создания современной единой транспортной системы страны. Представлены основные сведения о развитии водных, сухопутных, воздушных путей сообщения, автомобильных, железных дорог и железнодорожного, автомобильного, водного, воздушного и производственного транспорта. Значительное внимание уделено особенностям городских путей сообщения, строительству городских улиц и дорог, а также вопросам охраны окружающей среды в процессе транспортного строительства.

Учебное пособие подготовлено на кафедре «Геотехника и дорожное строительство» и предназначено для студентов, обучающихся по специальности «Автомобильные дороги и аэродромы» направления подготовки «Транспортное строительство» и направлению подготовки бакалавров 08.03.01 «Строительство» (профиль подготовки «Автомобильные дороги») автомобильно-дорожных вузов и факультетов, а также может быть использовано инженерно-техническими работниками служб и организаций дорожного строительства.

**ISBN 978-5-9282-1078-6**

© Пензенский государственный университет архитектуры и строительства, 2014

© Бажанов А.П., 2014

## ПРЕДИСЛОВИЕ

Пути сообщения во всем мире выступают как фактор развития общества, хозяйственного и культурного общения народов, освоения новых жизненных пространств и природных богатств. Они занимают значительный объём капитальных вложений в общей структуре единой транспортной системы страны. От состояния путей сообщения в значительной степени зависит эффективность функционирования подвижного состава.

Пути сообщения классифицируются и именуются соответственно наименованиям используемого вида транспорта: автомобильные дороги и улицы, железные дороги, трамвайные линии, линии метрополитена, трубопроводы, речные судоходные линии, морские судоходные линии, воздушные линии, воздушные трассы, рельсовые, безрельсовые и др.

В экономике страны транспорт занимает особое место, выступая в качестве системообразующего фактора, в отдельных отраслях играет важную технологическую роль. Социальное значение транспорта в обеспечении жизнедеятельности населения находится в одном ряду с сельскохозяйственным и промышленным производством, а транспортная система выступает определяющим фактором и показателем перспективы развития экономики той или иной территории или возможности и целесообразности освоения какого-либо ресурса на ней.

Учебное пособие написано в соответствии с программой дисциплины «Общий курс путей сообщения» на основе опыта преподавания дисциплин «История транспортного строительства» и «История отрасли и введение в транспортное строительство» в Пензенском государственном университете архитектуры и строительства для специальности «Автомобильные дороги». В нем изложена история развития путей сообщения, транспортных средств и транспортного строительства, начиная с первобытного и рабовладельческого общества до создания современной единой транспортной системы страны. В отличие от других учебных пособий по этому курсу, в его отдельных разделах представлены основные сведения о развитии водных, сухопутных, воздушных путей сообщения, автомобильных, железных дорог и железнодорожного, автомобильного, водного, воздушного и производственного транспорта. Значительное внимание уделено особенностям строительства городских путей сообщения; строительству городских улиц и дорог, а также вопросам охраны окружающей среды в процессе транспортного строительства.

Изучение дисциплины «Общий курс путей сообщения» является прологом усвоения таких дисциплин, как «Изыскания и проектирование автомобильных дорог», «Технология и организация строительства автомобильных дорог», «Реконструкция автомобильных дорог», «Основы эксплуатации автомобильных дорог», «Механизация работ по ремонту и содержанию автомобильных дорог» и «Дорожные условия и безопасность движения».

Автор выражает благодарность за ценные замечания и советы рецензентам книги – коллективу кафедры «Транспортное строительство» Саратовского государственного технического университета (зав. кафедрой, доктор технических наук, профессор В.В. Столяров) и коллективу кафедры «Строительство и эксплуатация транспортных сооружений» Волгоградского государственного университета архитектуры и строительства (зав. кафедрой доктор технических наук, профессор С.В. Алексиков).

## ВВЕДЕНИЕ

**Пути сообщения** имеют огромное значение в народном хозяйстве. С одной стороны, они служат передвижению товаров там, где существует разделение занятий и где, следовательно, необходима передача созданных благ от производителя в руки потребителя; с другой стороны, они содействуют передвижению людей для их личных и хозяйственных целей. Элементами транспорта являются: путь, экипаж и сила, приводящая экипаж в движение. Задачи хорошей организации путей сообщения сводятся к уменьшению трения при движении экипажа, к ускорению движения и к удешевлению перевозки. С течением времени проселочные дороги с простыми телегами заменялись шоссейными, а эти последние — железными дорогами с паровыми и электрическими двигателями. На водных путях сообщения гребные и парусные суда совершенствовались в конструкции для уменьшения силы сопротивления воды, а с XIX века начинают вытесняться паровыми судами.

Развитие путей сообщения и народного хозяйства находится в тесном взаимодействии. Пути сообщения оказывают значительное влияние на ход экономической жизни, следовательно, и на состояние народного хозяйства, способность или неспособность которого к развитию отражается на расширении и усовершенствовании путей сообщения.

Рост промышленности под влиянием путей сообщения ведет к развитию городов, где сосредоточиваются промышленные предприятия и куда население может прибывать благодаря легкости сообщений. Усовершенствование путей сообщения способствует быстроте, регулярности и надежности перевозки. Благодаря быстроте сообщений становится возможным передвигать на далекие расстояния скоропортящиеся грузы (например масло, свежие фрукты, свежее мясо, рыбу), отпадает необходимость во многих посредниках, ускоряется оборот капиталов.

Пути сообщения являются составной частью транспортного строительства — отрасли строительства, занимающейся возведением и реконструкцией объектов автомобильного, водного, воздушного, трубопроводного транспорта. Данная отрасль строительства включает в себя строительство как земляного полотна, так и автомобильных дорог, верхнего строения пути, устройств электрификации, автоматики и телемеханики дорог, дорожных и аэродромных покрытий, мостов, тоннелей и метрополитенов, причалов в морских и речных портах, каналов, магистральных нефте- и газопроводов, вокзалов, депо, служебно-технических и других транспортных зданий.

В дореволюционной России транспортное строительство ограничивалось главным образом прокладкой гужевых дорог, сооружением

причалов на внутренних водных путях. Наиболее крупная стройка – Великая Сибирская магистраль, сквозное движение по которой между Москвой и Владивостоком было открыто в 1905 г.

В СССР транспортное строительство осуществлялось в соответствии с перспективными планами развития единой транспортной системы страны.

За годы довоенных пятилеток (1929–1940) построено 13,4 тыс. км новых дорог, в том числе крупнейшие магистрали Турксиб и Москва – Донбасс, дороги на Урале, в Кузбассе, Казахстане, на Дальнем Востоке, усилены связи этих районов с центральным и западным районами страны.

В результате высоких темпов транспортного строительства страна к 1941 г. располагала достаточно развитым транспортом. Это позволило в первые же дни Великой Отечественной войны 1941–1945 гг., наряду с фронтowymi перевозками, перебазировать промышленность в восточные районы, эвакуировать население.

После окончания войны темпы транспортного строительства продолжали нарастать. С 1945 по 1975 г. построены Южно-Сибирская магистраль, дороги на целинных и залежных землях, линии Тайшет – Лена, Барнаул – Омск, Тюмень – Тобольск и др.; электрифицированы крупнейшие магистрали Москва – Байкал, Ленинград – Москва – Леникан, Москва – Киев – Чоп, Караганда – Целиноград; большинство грузонапряженных линий оборудовано автоблокировкой и обеспечено диспетчерской централизацией.

В настоящее время транспортное строительство имеет собственную производственную базу, обеспечивающую непрерывное повышение уровня индустриализации строительства. В ее состав входят предприятия по выпуску металлических конструкций, нерудных стройматериалов, пористых заполнителей бетона, столярных изделий, стационарные и передвижные цемента- и асфальтобетонные заводы, а также заводы по ремонту строительных машин и оборудования. Большие капиталовложения были предусмотрены на создание производственной базы для строительства БАМа: сооружаются новые предприятия в Шимановской, Тайшете, Кургане, Улан-Удэ, Усть-Куте, Амазаре.

Техническому прогрессу в транспортном строительстве способствовало объединение в единое министерство ведущих отраслевых научно-исследовательских, проектно-конструкторских и строительномонтажных организаций. Тесная связь науки с производством позволила в короткий срок создать и широко внедрить сборные конструкции мостов, тоннелей, автомобильных дорог, аэродромов, портовых гидротехнических сооружений.

Земляное полотно автомобильных дорог возводится комплексно-механизированным способом с применением экскаваторов, скреперов,

бульдозеров, автомобилей-самосвалов, специальных уплотнительных и планировочных машин, а также средств гидромеханизации и буровзрывной техники. Непрерывно возрастают мощности землеройных и транспортных машин. Путь заготавливается на звеносборочных машинах и в виде крупных блоков укладывается на земляное полотно с применением путеукладчиков, электробалластеров и других путевых машин.

При строительстве мостов применяют сборные и стальные пролетные строения разных систем, фундаменты глубокого заложения на сборных оболочках, буровых и забивных сваях. При возведении опор применяют мощные вибропогружатели, буровые станки и другое специальное оборудование. При сооружении тоннелей и метрополитенов широко используются сборные обделки и другие конструкции. Подземные работы ведутся с помощью механизированных проходческих щитов. На строительстве морских и речных портов внедрены унифицированные конструкции причалов, крупноблочные буны и волноломы. Нефтепродуктопроводы и газопроводы прокладываются комплексно-механизированным способом с применением трубоукладчиков, сварочных и других машин.

В развитых капиталистических странах транспортное строительство осуществляется за счет частных и государственных капиталовложений на основе экономической конъюнктуры, без перспективных планов гармоничного сочетания различных видов транспорта. После 2-й мировой войны 1939–1945 гг. в условиях изобилия дешевого жидкого топлива основные капиталовложения направлялись на строительство автомагистралей и перевод дорог на тепловозную тягу. На 1973 г. было электрифицировано в США только 1 %, в Великобритании 19 % всей сети дорог. В Италии, ФРГ, Швеции, Норвегии электрификация дорог – основное направление их модернизации. В Японии, ряде стран Западной Европы, а также США большое внимание уделяется созданию высокоскоростного транспорта. При решении сложных проблем развития городского транспорта наблюдается тенденция к расширению и реконструкции сети метрополитенов. Для крупнейших городов капиталистических стран характерно строительство многоярусных подземных комплексов, включающих станции и вестибюли метрополитена, автотранспортные и пешеходные тоннели, автогаражи и стоянки, магазины, коллекторы городских сетей. Такие комплексы построены, например, в Париже, Вене, Гамбурге, Мюнхене, Токио.

Современный транспорт представляет собой единую транспортную систему (ЕТС), включающую мощную сеть железнодорожных, морских, речных, автомобильных, воздушных, трубопроводных, городских и промышленных коммуникаций, он является стратегически важным комплексом, который в значительной степени определяет мощь

государства, так как обеспечивает потребности общества в перевозке грузов и пассажиров.

В едином экономическом комплексе страны транспорт занимает особое место. Он является одной из отраслей, формирующей инфраструктуру экономики страны, призванную удовлетворять постоянно растущие потребности общества в пространственном перемещении вещественных продуктов труда и людей.

В сравнении с социалистическим прошлым в рыночных условиях значительно изменился подход к единой системе транспорта. Сегодняшний конкурентный подход следует рассматривать не в виде противопоставления одного вида транспорта другому, а в виде явления, стимулирующего развитие транспорта, поиск новых прогрессивных технологий, транспортировки для снижения стоимости транспортных услуг и повышения скорости доставки. Уменьшение стоимости и сокращение времени транспортировки расширяют сферы применения определенного вида транспорта, а следовательно, повышают его значимость на рынке транспортных услуг.

В связи с тем что стоимость транспортных услуг существенно отражается на конечной стоимости перевозимых грузов, потребитель изыскивает возможности перевозки своих грузов более дешевым видом транспорта. Перевозка пассажиров является социально значимой, но убыточной. Затраты на транспорт не должны превышать определенного дохода семьи; поэтому во многих государствах предусмотрены дотации на транспортные расходы отдельным слоям населения.

Современные рыночные отношения, расширяющиеся международные связи требуют наличия специалистов высокой квалификации, с широким кругозором, не только в области одного вида, но с пониманием специфики каждого вида и возможностей совместной работы и дорожных условий, обеспечивающих безопасность перевозки пассажиров и целостность доставки грузов. Дисциплина «Общий курс путей сообщения» входит в цикл общих гуманитарных и социально-экономических дисциплин учебного плана направления подготовки 08.03.01 (270800.62) «Строительство» (квалификация «бакалавр»). В соответствии с этим курсом готовят специалистов в области строительства путей сообщения и транспортного строительства, способных оценивать реальное положение дел в транспортной системе, понимать и разрабатывать направление технической и технологической политики на транспорте для нормального функционирования всей транспортной отрасли и экономики страны.



# 1. ПУТИ СООБЩЕНИЯ И ТРАНСПОРТНАЯ СИСТЕМА РОССИИ

## 1.1. Пути сообщения в единой транспортной системе страны

Пути сообщения являются элементом транспорта, без помощи которого в современном обществе могут быть удовлетворены очень немногие потребности человека.

Транспорт применяется либо для перевозки грузов к местам их использования, либо людей к местам потребления товаров и услуг по путям сообщения. Он является частью экономической деятельности, которая связана с увеличением степени удовлетворения потребностей людей при помощи изменения географического положения товаров и людей. Он может доставлять сырье к местам, где потребители могут их лучше использовать.

Значение транспорта определяется его ролью в территориальном разделении общественного труда: специализация районов, их комплексное развитие невозможны без системы транспорта.

Транспорт принято подразделять на внутрипроизводственный и транспорт общего пользования (магистральный). К внутрипроизводственному транспорту относятся железнодорожные подъездные пути, межцеховые и внутрицеховые пути, внутренние автомобильные, подвесные и канатные дороги, монорельсовые пути, тракторный и гужевой транспорт в сельском хозяйстве и т.д. Это, как правило, технологический транспорт, обеспечивающий перемещение предметов труда внутри предприятий.

Магистральный транспорт обеспечивает транспортно-экономические связи между предприятиями, возникающие в процессе расширенного капиталистического производства. К магистральному транспорту относятся железнодорожный, речной, морской, автомобильный, воздушный, трубопроводный транспорт и линии электропередачи. Все эти виды транспорта составляют единую транспортную систему (ЕТС) страны.

Можно выделить три основных магистральных направления ЕТС России:

– широтное магистральное сибирское направление «восток – запад» и обратно, оно включает железнодорожные, трубопроводные пути и водные с использованием рек Камы и Волги;

– меридиональное магистральное центрально-европейское направление «север – юг» с выходом на Украину, Молдову, Кавказ, образованное в основном железнодорожными путями;

– меридиональное Волго-Кавказское магистральное направление «север – юг» по реке Волга железнодорожным транспортом и трубопроводными путями, связывающими Поволжье и Кавказ с Центром, Севером европейской части страны и с Уралом.

По этим главным магистральным направлениям особенно тесно взаимодействуют железнодорожный, внутренний водный и автомобильный виды транспорта. Магистральные авиатрассы также в основном совпадают с сухопутными.

Помимо основных магистральных направлений, имеется густая транспортная сеть внутрирайонного и местного значений. Сочетаясь между собой, они образуют Единую транспортную систему России.

По мере развития производительных сил страны в целом и отдельных ее районов транспортная система нуждается в постоянном совершенствовании, как в отношении рационализации размещения, так и повышения ее качественного уровня: обновления материально-технической базы, улучшения организационно-управленческой системы, использования новейших достижений научно-технического прогресса. Развитие транспортной системы Российской Федерации направлено на более плотное обеспечение потребностей хозяйства и населения страны транспортными услугами.

Единая транспортная система России отличается весьма сложной структурой. Экономической основой этой системы являются производственно-экономические силы, а материальной основой – сеть путей сообщения, технические средства транспорта и служба перевозок.

Сеть путей сообщения образуют межрайонные магистрали, поддерживающие межрайонное разделение труда и цементирующие все районы страны в единый хозяйственный механизм; районные транспортные сети, обеспечивающие развитие внутрирайонных производственных связей, связей между отдельными частями районного комплекса; внутрихозяйственные дороги, призванные осуществлять перевозочные функции в процессе производственной деятельности отдельных промышленных и сельскохозяйственных предприятий.

В составе ЕТС каждый вид транспорта имеет свои рациональные сферы применения. При их установлении учитываются прежде всего эксплуатационные расходы, необходимые размеры капитальных вложений, удельный расход топлива и энергии, мощность грузовых и пассажирских потоков, дальность перевозки, род грузов. Например, железнодорожный транспорт осуществляет перевозку массовых грузовых потоков, морской – межконтинентальные перевозки на большие расстояния, а также большим и малым каботажом. Значение того или

иного транспорта в ЕТС РФ определяется, прежде всего, его долей в общем грузообороте и пассажирообороте.

В последнее время доля железнодорожного транспорта в общем грузообороте снизилась, но он сохраняет свое ведущее значение в ЕТС, что обусловлено в первую очередь соответствием главных магистралей основным транспортно-экономическим связям, а также его технико-экономическими преимуществами в условиях РФ перед другими видами наземного транспорта. Водные пути далеко не везде совпадают с ними, кроме того, зима приостанавливает навигацию на многих речных и морских путях на длительный срок. Сокращение удельного веса речного транспорта в грузообороте страны объясняется, прежде всего, наличием других, более эффективных видов транспорта: трубопроводного и автомобильного. Однако распад СССР и увеличение международных экономических связей привели к увеличению доли морского транспорта в грузо- и пассажирообороте. Все больше возрастает роль трубопроводного транспорта, однако он остается довольно узкоспециализированным, осуществляющим перекачку сырой нефти, продуктов ее переработки и природного газа. Автомобильный транспорт не выделяется грузооборотом, так как это короткобежный вид транспорта, однако его значение в ЕТС России трудно переоценить. Железнодорожный транспорт уступает по пассажирообороту автотранспорту.

Особенно велик удельный вес автотранспорта в городах. Усиление его роли закономерно, так как большая часть пассажирских перевозок приходится на маршруты между населенными пунктами, не имеющими прямой железнодорожной связи. В направлениях, параллельных железнодорожным линиям, перевозится только четверть всех пассажиров. На воздушный транспорт в общих пассажирских перевозках приходится менее 1 %, но исключительно большая их дальность выдвинула его на третье место среди всех видов транспорта по объему пассажирооборота. За последние годы численность поездок по железным дорогам на расстояния свыше 1000 км уменьшается, а на воздушном транспорте она растет.

Сфера применения автотранспорта широка. Он выполняет большую часть коротких внутрирайонных перевозок, подвозит грузы к станциям железных дорог и речным пристаням и развозит их потребителю. В северных и восточных районах, где почти нет других видов сухопутного транспорта, им осуществляются дальние межрайонные перевозки.

Основу автодорожной сети РФ составляют дороги с твердым покрытием. При небольших грузовых потоках и слабой интенсивности

пассажирского движения строительство дорог экономически неоправданно. В таких случаях связь между населенными пунктами осуществляется по грунтовым улучшенным дорогам. Крупные населенные пункты и основные грузообразующие точки связаны между собой благоустроенными дорогами круглогодичного действия. Основу автодорожной сети страны составляют автомобильные магистрали, обеспечивающие скоростной проезд автотранспорта между столицами республик и центрами крупных экономических районов.

## 1.2. Виды транспорта

Основными видами транспорта в ЕТС России являются:

- железнодорожный;
- автомобильный;
- морской
- внутренний водный (речной);
- воздушный;
- трубопроводный.

Каждый из видов транспорта включает в себя пути сообщения с системой обслуживания, транспортные средства и водителей (операторов), а также имеет свою преимущественную область применения, свои достоинства и недостатки.

**Железнодорожный транспорт** – основное звено в единой транспортной системе Российской Федерации, используется в основном для регулярных перевозок массовых грузов и пассажиров на дальние расстояния. Он отличается большой пропускной способностью путей сообщения, высокой производительностью труда железнодорожных работников, большей, чем у других видов транспорта, независимостью от погодных условий.

Однако поступление грузов на железные дороги и доставка их потребителям связаны с погрузочно-разгрузочными станциями. Поэтому железнодорожный транспорт неизбежно должен работать в сочетании с другими видами транспорта, обслуживающими его подъездные пути. В подъездных путях нуждаются также пристани и аэропорты. Эти преимущества делают железнодорожный транспорт универсальным для перевозки всех видов грузов в межрайонных и внутрирайонных сообщениях и пассажиров в пригородном, местном и дальнем сообщениях

К недостаткам этого вида транспорта следует отнести большой объем строительных работ при устройстве путей сообщения, необходимость выполнения перегрузочных работ и взаимодействия с другими

видами транспорта, его использование наиболее эффективно при значительной концентрации грузовых и пассажирских потоков.

**Автомобильный транспорт** обслуживает перевозки на сравнительно короткие расстояния, но при развитой сети дорог экономически обосновано использование автотранспорта для перевозок на 2–3 тыс. км практически любых объемов грузов и пассажиров.

Автомобильный транспорт может принимать грузы непосредственно на месте их формирования и доставлять их к месту назначения без перегрузок («от двери до двери»). Однако по затратам энергии на тонно-километр работа автотранспорта, значительно превышает затраты других видов транспорта, поэтому в районах с развитой железнодорожной сетью основной областью его деятельности являются перевозки на подъездных путях и разгружающие железнодорожный транспорт параллельные перевозки на сравнительно короткие расстояния. При хорошем состоянии дорожной сети грузы на расстоянии до 200–400 км автомобильным транспортом доставляются быстрее, чем железнодорожным. Автомобильный транспорт успешно используется также для перевозки скоропортящихся грузов на дальние расстояния по магистральным автомобильным дорогам, поскольку в этом случае средняя скорость доставки выше, чем по железной дороге, из-за отсутствия потерь времени на переформирование поездов на узловых станциях.

Особенно значительна роль автомобильного транспорта в ряде горных районов, а также на севере страны, где отсутствуют железные дороги, а водные пути в течение большей части года покрыты льдом.

Общий объем грузов, перевозимых автомобильным транспортом, значительно превышает их количество, перевозимое другими видами транспорта. Но из-за малой дальности перевозок в общем грузообороте, характеризуемом тонно-километрами, удельный вес грузооборота автомобильного транспорта не превышает 6–7 %.

Автомобильный транспорт дополняет пассажирские перевозки железнодорожным транспортом, осуществляя связь с населенными пунктами, расположенными в стороне от железных дорог, и выполняет большой объем самостоятельных перевозок по автомобильным дорогам и в пределах населенных пунктов. На его долю приходится более 40 % работы по пассажирским перевозкам в пассажирокилометрах.

Большое значение имеет автомобильный транспорт для освоения малонаселенных районов, позволяя обеспечивать перевозки грузов при меньших затратах на постройку автомобильных дорог, чем на строительство железных дорог. Поэтому дорожное строительство сопутствует всем работам по освоению новых сельскохозяйственных терри-

торий, по разработке больших месторождений полезных ископаемых, по строительству новых крупных промышленных районов.

К его достоинствам следует отнести высокую маневренность, скорость доставки. В случае необходимости автотранспортом можно перевозить грузы по простейшим грунтовым путям сообщения. Автомобильный транспорт играет объединяющую роль во всей транспортной сети.

Недостатками этого вида транспорта являются низкая производительность труда, низкая по сравнению с остальными видами транспорта безопасность движения. По данным В.Ф. Бабкова [5], относительный риск использования железнодорожного, морского, воздушного и автомобильного транспорта составляет соответственно 1:0,40:1,52:6,2.

**Морской транспорт** является важной составной частью транспортной системы России, он используется в основном для перевозок на большие расстояния массовых грузов, доставка которых возможна с низкой скоростью. По величине грузооборота занимает 4-е место после железнодорожного, трубопроводного и автомобильного транспорта. Ему принадлежит ведущая роль в транспортном обслуживании районов Дальнего Востока и Крайнего Севера. Велико значение морского транспорта во внешней торговле России. На него приходится 73 % в отправлении грузов и более 90 % грузооборота в международном сообщении.

Следует отметить, что перевозки морским транспортом дешевле и безопаснее, чем другими видами транспорта. Для этого транспорта нет необходимости строить специальные пути сообщения, у него самая большая единичная грузоподъемность, неограниченная пропускная способность, небольшая затрата энергии на перевозку 1 тонны груза, низкая себестоимость перевозок.

Вместе с тем морские перевозки зависят от природных условий, они осуществляются с низкой скоростью и имеют ограниченное использование в прямых морских сообщениях. Для их обслуживания необходимо строительство портов и подъездных путей к ним, а также взаимодействие с другими видами транспорта.

**Речной транспорт** играет заметную роль во внутренних и межрайонных перевозках страны. Преимущества речного транспорта заключаются в естественных путях, на обустройство которых требуется меньше капитальных затрат, чем на строительство железных дорог. Стоимость перевозок по рекам ниже, чем по железным дорогам, а производительность труда на 35 % выше.

Главные недостатки речного транспорта – сезонный характер, ограниченность использования, обусловленная конфигурацией речной

сети, низкая скорость движения. Кроме того, крупные реки в нашей стране текут с севера на юг, а главные потоки массовых грузов имеют широтное направление.

Дальнейшее развитие речного транспорта связано с улучшением судоходных условий на внутренних водных путях, совершенствованием портового хозяйства, продлением навигации, увеличением пропускной способности водных путей, расширением смешанных железнодорожно-водных перевозок и перевозок типа река – море.

**Воздушный транспорт** в нашей стране выполняет различные функции. Его главное назначение – перевозка пассажиров, почты и срочных ценных или остродефицитных грузов на большие расстояния. Для этого транспорта также не нужны специальные пути сообщения, но он требует строительства аэропортов с дорогостоящей техникой и подъездных путей. Воздушный транспорт непрерывно технически совершенствуется. В эксплуатацию введены пассажирские и скоростные самолеты большой грузоподъемности с газотурбинными и турбореактивными двигателями. В общей работе воздушного транспорта перевозки пассажиров составляют  $4/5$ , а грузовых и почты –  $1/5$ . Пассажиропотоки воздушного транспорта формируются под влиянием ряда факторов, наиболее важные из которых следующие: особенности местных районов тяготения, численность населения в районах тяготения, транспортная подвижность населения, число пунктов, охваченных сетью воздушных сообщений, расстояние между пунктами, условия перевозок (тарифы, регулярность, комфорт, число рейсов). Но у этого транспорта много и недостатков, одни из них: достаточно сильная зависимость от метеоусловий и высокая стоимость перевозок.

В данный момент авиация находится в глубоком упадке, о чем свидетельствует статистика аварийности на воздушном транспорте, аварийность является объективным показателем состояния авиации.

**Трубопроводный транспорт** – узкоспециализированный вид транспорта. По назначению магистральные трубопроводы разделяются на нефтепроводы, газопроводы и продуктопроводы, он целесообразен для перемещения на дальние расстояния не изменяющихся длительное время по объему и направлению грузов (нефть, нефтепродукты, газ).

Трубопроводный транспорт отличается от других видов транспорта рядом преимуществ. Затраты на строительство трубопровода почти в два раза меньше, чем на постройку железной или автомобильной дороги соответствующей провозной способности, при этом трассы ведут более коротким путем, трубопроводы надежны в эксплуатации, процесс транспортировки по ним грузов полностью автоматизирован, высокая система герметизации сохраняет продукцию. Это сокращает

потери продукта по сравнению с железнодорожным транспортом в 1,5–2 раза. Эксплуатация трубопроводов в отличие от авиации не зависит от метеоусловий и климатических условий. По себестоимости самый дешевый вид транспорта. Однако, наряду с достоинствами трубопроводного транспорта, необходимо отметить, что скорость перекачки грузов, зависящая от их вязкости и других параметров, несколько уступает скорости перемещения по железным транспортом дорогам и по водным путям. В случае иссякания запасов нефти или газа трубопроводы трудно переориентировать на другие грузы. К недостаткам этого вида транспорта относятся также высокая металлоемкость путей сообщения и большой объем строительных работ.

На данный момент трубопроводы широко используются в экономике страны и масса транспортируемой ими продукции составляет 829 млн тонн, что ставит этот вид транспорта на 2-е место по перевозке грузов после железнодорожного транспорта.

Освоение новых месторождений, увеличение добычи и спроса на нефтепродукты обеспечили трубопроводному транспорту прогрессивное будущее.

Анализ состояния и перспектив развития транспортной системы, изложенный в Программе «Дороги России», показывает, что наша страна, по сравнению с другими сопоставимыми по размерам территории и дальности доставки грузов (США, Канада и др.), имеет в 4–7 раз более высокий показатель транспортной работы на единицу валового национального продукта, что в значительной степени связано с нерациональным размещением основных производств относительно сырьевых баз и баз сбыта, высокой концентрацией отдельных производств, при размещении которых не всегда принимались во внимание транспортные расходы. В России крайне непропорционально шло развитие отдельных отраслей транспорта. Наиболее интенсивно, по сравнению с остальными отраслями наземного транспорта, развивался железнодорожный транспорт, на который приходится 40 % всего грузооборота. По удельным показателям сеть железных дорог страны в настоящее время не уступает развитым капиталистическим странам.

Уровень же развития автомобильного транспорта и сети автомобильных дорог России значительно отстает от развитых стран. Доля грузооборота, выполняемая автотранспортом, почти в 20 раз меньше, чем во Франции, в 3–5 раз меньше, чем в США, Германии и Канаде. Средняя дальность поездки на автомобиле в России составляет 42 км, что в 2–3 раза меньше, чем в других странах, близких по размерам территорий.



Несмотря на то что только за последние два года, в результате изменившейся экономической ситуации в стране, грузооборот на транспорте сократился более чем на 30 %, прогноз специалистов говорит о том, что при сохранении доминирующей роли железнодорожного транспорта доля автомобильных перевозок в общем грузообороте страны возрастает с 4,5 до 6,0 %, а объем перевозок грузов автотранспортом возрастет с 57 до 60 %.

В условиях перехода к рыночным отношениям роль рационального использования транспорта существенно возрастает. С одной стороны от транспортного фактора зависит эффективность работы предприятий, что в условиях рынка напрямую связано с его жизнеспособностью, а с другой стороны, сам рынок подразумевает обмен товарами и услугами, что без транспорта невозможно, следовательно, невозможен и сам рынок. Поэтому транспорт является важнейшей составной частью рыночной инфраструктуры.

В первую очередь требуют решения вопросы увеличения инвестиций в эту отрасль, привлечение иностранного капитала, налаживания работы поставщиков транспортного комплекса – транспортного машиностроения, электротехнической и электронной промышленности, приборостроения, стройиндустрии и др. Одной из основных задач является восстановление транспортно-экономических связей со странами ближнего зарубежья. Остро стоят проблемы транспортного обеспечения сельских населенных пунктов, пассажирских перевозок в крупных городах, снижения отрицательного влияния транспорта на природную среду и человека.

Переход к рыночным отношениям транспортного комплекса России сложен еще и тем, что из-за сформировавшейся ранее сильной централизованной структуры управления и созданных ранее сверхкрупных транспортных монополий, при разгосударствлении отдельных частей транспортного комплекса возникла главная проблема – проблема законодательного регулирования транспортировки грузов.

Многообразие форм собственности в условиях рыночных отношений привело к существенному изменению в смешанных и комбинированных перевозках. С одной стороны, различные транспортные организации (морские и речные судоходные компании, порты, автотранспортные акционерные общества и пр.) получили экономическую самостоятельность в осуществлении этих перевозок и активно в них участвуют, с другой – действия железнодорожного транспорта жестко регламентированы государством.

Новые формы владения транспортными средствами в условиях рынка вступили в противоречие с действовавшими в области смешан-

ных и комбинированных перевозок законодательными актами, которые уже не могут регулировать взаимоотношения сторон различных форм собственности, поэтому для решения этой проблемы нужны определенные действия со стороны законодательных органов власти. Также возникли некоторые проблемы при разработке нового механизма управления предприятиями транспортного комплекса. В рыночных отношениях он должен основываться на следующих положениях:

– транспорт занимает центральное место в экономике РФ, обеспечивая решения различных общегосударственных задач экономического, социального и политического характера, включая экономическую безопасность и целостность государства, укрепление его обороноспособности. В силу этого транспорт не может рассматриваться как чисто коммерческая структура и находится в поле действия одних лишь рыночных структур;

– переход на новую модель управления, какую бы организационно-экономическую форму она не получила, должен учитывать специфические особенности ЕТС. Речь идет о технологическом единстве и целостности сети;

– реорганизация производственных и организационно-управленческих структур транспорта при переходе на новую модель управления ни в коей мере не должна приобретать разрушительного характера. Ее следует рассматривать как процесс естественного развития экономических реформ с учетом практического опыта и наработок последних лет;

– новая модель управления не должна входить в противоречие с принципиальными положениями Гражданского кодекса РФ и другими законодательными актами.

### Контрольные вопросы

1. Что представляет собой Единая транспортная система страны?
2. Выделите три основных магистральных направления ЕТС России.
3. Что является экономической и материальной основой ЕТС России?
4. Какие магистрали образуют сети путей сообщения?
5. Перечислите основные виды транспорта в ЕТС России.
6. Дайте характеристику основных преимуществ и недостатков железнодорожного транспорта.
7. Покажите преимущества автомобильного транспорта по сравнению с другими видами транспорта.
8. Расскажите о сферах применения морского транспорта.

9. В каких целях целесообразнее всего использование воздушного транспорта?

10. Раскройте особенности трубопроводного транспорта.

11. Раскройте основные положения, характеризующие состояние и перспективы развития транспортной системы страны.

### 1.3. Характеристики работы транспорта и механика движения транспортных средств

Учитывая значительную роль автомобильного транспорта в ЕТС страны, целесообразно рассмотреть характеристики его работы и механику движения транспортных средств на основе учета факторов, устанавливающих режим движения автомобиля по дороге, который, в свою очередь, определяется эксплуатационными свойствами автомобилей, дорожными условиями и индивидуальными возможностями водителей.

#### 1.3.1 Движение автомобиля по дороге. Сопrotивление движению автомобиля

Современный автомобиль представляет собой сложный комплекс различных механизмов и устройств, от согласованной работы которых зависят его эксплуатационные качества и, в частности, устойчивость, управляемость, маневренность и динамические свойства.

При движении автомобиля непрерывно изменяется дорожная обстановка, поэтому все элементы современной автомобильной дороги должны обеспечивать возможность безопасного движения автомобилей с расчетной скоростью. Чем выше интенсивность движения по дороге, тем большие взаимные помехи испытывают автомобили, и скорость их движения снижается. Поэтому требования к отдельным элементам трассы дороги устанавливают из условия движения по дороге одиночного автомобиля.

Движущийся автомобиль испытывает сложную систему перемещений – поступательное движение на прямых, вращение вокруг вертикальной оси при движении по закруглениям, колебания в продольном и поперечном направлениях, вызываемые наездами колес на неровности покрытия и т.д. Сила тяги, развиваемая двигателем на ведущих колесах автомобиля, расходуется на преодоление им сил сопротивления движению. В наиболее общем случае ускоренного движения на подъем на автомобиль действуют следующие силы сопротивлений: сопротивление качению (трение качения)  $P_f$ , сопротивление движе-

нию на подъем  $P_i$ , сопротивление воздуха  $P_w$ , инерционные силы самого автомобиля и вращающихся масс его механизмов  $P_j$ , возникающие при изменении скорости движения. Силы сопротивления качению и сопротивления воздушной среде всегда действуют на движущийся автомобиль. Сопротивления движению на подъем и силы инерции в зависимости от продольного профиля дороги и режима движения автомобиля могут или отсутствовать или даже иметь отрицательный знак, способствуя движению (например, при спуске под гору или при торможении).

Сопротивление качению вызывается затратой энергии на деформацию шин и дороги. На ровных цементобетонных и асфальтобетонных покрытиях основным фактором, определяющим сопротивление качению, является обжатие шин. На менее ровных покрытиях (щебеночных, гравийных, булыжных мостовых) добавляются наезды колес на неровности покрытия. На грунтовых дорогах с мягкой поверхностью сопротивление создается затратой усилий на деформирование шины и грунта при образовании колеи.

Сопротивление качению зависит от скорости движения и от эластичности шины. Затраты энергии при наездах колеса на неровности дорожной одежды возрастают пропорционально квадрату скорости. После превышения скоростью некоторого критического значения, возникают колебания шин в зоне выхода их из контакта с дорогой и сопротивление качению резко увеличивается.

### 1.3.2. Сцепление шин с поверхностью дороги

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 максимального тягового усилия  $P_k$  к вертикальной нагрузке на колесо  $G_k$ , при превышении которого начинается пробуксовывание ведущего колеса или проскальзывание заторможенного, называют *коэффициентом сцепления* и обозначают буквой  $\phi$ .

При расчете элементов дорог всегда соблюдают условие, при котором геометрическая сумма сил, действующих в плоскости контакта шины с дорогой, не должна превышать силу сцепления. В связи с этим нормируют два коэффициента сцепления;

– коэффициент продольного сцепления  $\phi_{пр}$  – коэффициент сцепления, соответствующий началу пробуксовывания или проскальзывания колеса при его качении без воздействия боковой силы. Его используют

при вычислении пути, проходимого автомобилем во время торможения, и при определении преодолеваемых автомобилями подъемов пути;

– коэффициент поперечного сцепления  $\varphi_{\text{поп}}$  – поперечная составляющая коэффициента сцепления при смещении колеса под углом к плоскости движения, когда колесо одновременно и вращается, и скользит вбок.

Многочисленные экспериментальные исследования коэффициента сцепления показали, что на его величину большее влияние оказывает состояние дорожного покрытия, чем его тип.

При любых покрытиях 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 основной 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 снижает коэффициент сцепления. При высоких скоростях движения шина не успевает полностью деформироваться, так как продолжительность контакта с покрытием для этого недостаточна, а следовательно, неровности покрытия вдавливаются в шину на меньшую глубину. В результате с ростом скорости коэффициент сцепления снижается. На сухих покрытиях снижение коэффициента сцепления со скоростью менее ощутимо, чем на увлажненных. При сильном износе или при малой высоте и расчлененности элементов протектора на мокром покрытии может возникать явление аквапланирования, когда между шиной и покрытием в начальной части зоны контакта накапливается вода, не успевающая выжаться в стороны. Под шиной образуется водяной клин, создающий гидродинамическую подъемную силу, снижающую давление колеса на дорожку.

При слое воды на покрытии толщиной в несколько миллиметров нарушение контакта передних колес с покрытием и потеря управляемости автомобиля становятся возможными при скоростях, близких к 80–100 км/ч. Условия сцепления пневматических шин с поверхностью дороги связаны с погодными условиями. Коэффициент сцепления меняется в течение года в широких пределах, повышаясь летом и

значительно снижаясь в период зимних гололедиц, когда для увеличения сцепления иногда приходится надевать на колеса автомобиля шины с шипами или посыпать дорогу растворяющими лед гигроскопическими солями, песком или шлаком. Коэффициент сцепления шины с покрытием – важнейшее условие обеспечения транспортных качеств дороги, так как от него зависят возможность реализации тяговой силы автомобиля, устойчивость автомобиля против заноса на кривых в плане и возможность своевременно остановить автомобиль перед неожиданно возникшим препятствием или пешеходом.

Чем ответственнее назначение дороги и чем труднее условия движения по отдельным ее участкам, тем более высокие требования предъявляются к коэффициенту сцепления.

### 1.3.3. Торможение автомобиля

Для экстренной остановки автомобиля или снижения его скорости применяется торможение. На практике различают два вида торможения: служебное и экстренное.

Служебное торможение производится водителем, чтобы остановить автомобиль в заранее намеченном месте или снизить скорость. Уменьшение скорости осуществляется изменением подачи топлива и переключением передач, а также легким притормаживанием. Все это выполняется без торопливости и спешки, поэтому не вызывает заноса автомобиля и потери управления.

В экстренных случаях при появлении на близком расстоянии препятствия применяется интенсивное торможение, чтобы остановить автомобиль на кратчайшем пути. Водитель нажимает на педаль тормоза с наибольшей силой и быстротой, при этом он действует без учета состояния покрытия. Такой режим торможения неблагоприятно действует на тормозную систему и устойчивость автомобиля. Эффективность торможения при исправной системе тормозов зависит от типа и состояния дорожного покрытия (от коэффициента сцепления); быстроты нажатия на педаль тормоза; вида конструкции тормоза; состояния шин; величины зазоров между фрикционными накладками и тормозным барабаном; состояния накладок, свободного хода педали тормоза. По ГОСТ 25478–82 тормозной путь всегда устанавливается при скорости 40 км/ч.

Тормозной путь – это путь, проходимый автомобилем от момента нажатия на педаль тормоза до полной остановки автомобиля. На мокром покрытии торможение осуществляется двигателем при включенном сцеплении и уменьшенной подаче топлива. Силой, движущей автомобиль, является его инерция, благодаря которой заноса не

происходит. При интенсивном торможении происходит блокировка колес и автомобиль скользит юзом, шина усиленно изнашивается и автомобиль может потерять управление. Нормальный режим торможения соответствует неполной блокировке колес.

Тормозной путь имеет большое значение при обосновании норм на элементы плана и продольного профиля дороги. Чтобы определить путь, проходимый автомобилем с момента, когда водитель увидел препятствие, и до остановки автомобиля, необходимо знать характер замедления во времени.

Для обеспечения безопасности движения за расчетный тормозной путь  $S_{\text{расч}}$  принимают путь, проходимый за период реакции водителя  $l_1$ ; путь, проходимый автомобилем за период полного торможения  $l_2$ , и расстояние безопасности  $l_3$  между препятствием и остановившимся автомобилем, принимаемое равным длине автомобиля

$$S_{\text{расч}} = l_1 + l_2 + l_3 = \frac{vt}{3,6} + \frac{K_3 v_2}{254(\varphi \pm i + f)} + l_3, \quad (1)$$

где  $v$  – скорость автомобиля, км/ч;

$K_3$  – коэффициент эффективности торможения (для легковых – 1,2, для грузовых – 1,3–2,3);

$i$  – уклон дороги, ‰;

$f$  – коэффициент сопротивления качению.

При движении автомобиля под уклон водители принимают специальные меры снижения скорости: уменьшают подачу рабочей смеси; притормаживают, не выключая сцепления, или включают пониженную передачу.

На сухом шероховатом покрытии наиболее эффективным является торможение, при котором сцепление выключается, крутящий момент двигателя перестает передаваться на ведущие колеса и накопленная автомобилем живая сила постепенно поглощается трением колодок о тормозной барабан. Однако при сырой поверхности покрытия и малом коэффициенте сцепления такое торможение опасно и может привести к заносу автомобиля. В этих случаях торможение начинают на режиме холостого хода двигателя при включенном сцеплении и выключают его только после значительного снижения скорости.

В процессе торможения водитель, нажимая на педаль тормоза, создает тормозным приводом усилие трения между тормозными колодками и барабаном. Тормоза современных автомобилей могут развивать усилие, большее чем возможное сцепление шины с покрытием. Поэтому при интенсивном торможении происходит блокировка колес,

в результате которой колесо, перестав вращаться, скользит по поверхности покрытия юзом. При этом шина в зоне контакта нагревается. Плавление резины понижает сцепление, а шина усиленно изнашивается. На покрытии на участках торможения остаются черные полосы следов шин. Однако при аварийной ситуации и срочном торможении водитель не имеет возможности регулировать интенсивность нажатия тормозной педали и торможение проходит при пониженных коэффициентах сцепления, которые определяют при экспериментах.

Нормальный эксплуатационный режим торможения соответствует неполной блокировке колес, при которой колесо катится по покрытию с небольшим пробуксовыванием. Такой режим торможения наиболее эффективен.

Продолжительность запаздывания действия тормозных устройств составляет примерно 0,1 с для гидравлического привода и 0,5 с для пневматического.

Период нарастания тормозного усилия равен 0,2 с для гидравлического привода и 0,6–1 с – для пневматического.

Продолжительность реакции водителей  $t_{р.вод}$ , как было установлено при многочисленных специальных исследованиях, непостоянна. Она зависит от возраста, стажа работы, настроения и степени усталости водителя, от скорости движения, дорожных условий, в которых происходит движение автомобиля, и колеблется в пределах от 0,3 до 1,5 с и более. Наиболее часто встречающееся значение  $t_{р.вод}$  близко к 0,8 с. Таким образом, время, прошедшее с момента, когда водитель увидел препятствие, до начала эффективного торможения, может составить 1,2 с при гидравлическом приводе тормозов и 2 с – при пневматическом.

#### 1.3.4. Особенности торможения автомобилей на затяжных спусках

При назначении величины продольных уклонов дороги не следует забывать, что каждый подъем для автомобилей, едущих в обратном направлении, является спуском.

На крутых спусках ускорение приобретает большую величину, происходят разгон автомобиля и быстрое возрастание его скорости. Движение автомобиля под уклон с большими скоростями, особенно при неровном или скользком покрытии и наличии кривых в плане, очень опасно. Управление автомобилем затрудняется. Поэтому водители в зависимости от крутизны спуска принимают специальные меры снижения скорости – уменьшают подачу рабочей смеси, притормаживают, не выключая сцепления, или переходят на торможение двигателем, включая одну из понижающих передач.



Торможение автомобилей на спусках, особенно длинных, с использованием колесных тормозов нерационально, так как при длительном торможении коэффициент трения фрикционных накладок резко уменьшается из-за нагревания тормозных барабанов. Это снижает эффективность торможения и приводит к быстрому износу тормозов.

Сопротивления, возникающие в двигателе в случаях, когда ведущие колеса при посредстве механизмов трансмиссии принудительно вращают вал двигателя, обуславливаются в основном трением поршней о стенки цилиндров и коленчатого вала в подшипниках, а также сжатием и принудительным проталкиванием смеси через впускные и выпускные каналы.

Эффект торможения двигателем может быть учтен на основе графиков зависимости крутящего момента, развиваемого двигателем, от числа оборотов и степени открытия дроссельной заслонки. Такой график может быть получен при стендовых испытаниях.

Расход топлива при автомобильных перевозках зависит от дорожных условий и режимов движения. При анализе вариантов дорог следует учитывать расход топлива в связи с необходимостью всемерной экономии нефтеценного сырья для химической промышленности.

Нормы расхода топлива зависят от типа автомобиля, дорожных условий и устанавливаются исходя из осредненных норм. Износ шин зависит от типа покрытия, скорости движения, частоты и резкости торможения при неоднородном составе движения. Высокие скорости движения повышают износ шин, шины нагреваются от возникающих деформаций при ударах о неровности покрытия.

### Контрольные вопросы

1. Охарактеризуйте условия движения автомобиля по дороге.
2. Какие силы сопротивлений действуют на автомобиль в наиболее общем случае его ускоренного движения на подъем?
3. Что характеризует сопротивление качению?
4. Что такое коэффициент сцепления колеса с дорогой, как он влияет на безопасность движения?
5. Расскажите об особенностях торможения автомобиля и длине тормозного пути.
6. Дайте характеристику тормозного пути.
7. Что представляет расчетный тормозной путь?
8. Раскройте особенности торможения автомобилей на затяжных спусках.

## 2. ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ ПУТЕЙ СООБЩЕНИЯ И ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

### 2.1. Пути сообщения в первобытном и рабовладельческом обществе

Зарождение путей сообщения в виде дорог, вначале как пешеходных троп относится к концу первобытнообщинного периода существования человеческого общества, когда появились постоянные поселения, возникли скотоводство и примитивное земледелие. Направляясь группами на охоту или рыбную ловлю, люди избирали пути, пролежавшие по наиболее удобным для продвижения местам, обычно по водоразделам, так как пониженные места часто бывали заболоченными и труднопроходимыми. В результате многократных проходов, в первую очередь у выходов из поселений, возникали тропы. Они приспособлялись к движению путем отбрасывания с троп камней и обламывания ветвей, мешавших нести добычу. Особенностью этих путей было то, что они терялись уже вблизи от поселений, не связывая их между собой.

Искусственные покрытия на путях сообщений впервые начали строить в лесисто-болотистой местности. Они имели вид жердевых настилов на заболоченных подходах к поселениям из свайных построек. В России доисторические жердевые настилы были найдены при раскопках вблизи г. Нижний Тагил. Древнейшие из них относятся к III тысячелетию до н.э.

Одним из крупнейших достижений человечества, сыгравшего важную роль и в развитии путей сообщения, явилось изобретение колеса, которое относится примерно к 4000–3500 г. до н.э.

Историю основных событий в развитии путей сообщения от изобретения колеса до сегодняшних дней можно представить в виде историко-географической схемы, в соответствии с которой человеческое общество прошло длительный путь развития от стадии дикости, когда пища добывалась путем собирательства, охоты и рыболовства, через период варварства, когда развивались земледелие и скотоводство, к городской цивилизации. Осуществился переход от каменных орудий к медным, бронзовым и, наконец, к железным орудиям. И весь этот длинный путь тесно связан с развитием транспортных средств и путей сообщения. Появление колеса дало возможность создать первые транспортные средства – повозки. Конструкция повозок прошла ряд этапов: от боевых колесниц – двуколок на колесах большого диаметра, легче преодолевающих неровности пути, до четырехколесных повозок с

поворачивающейся передней осью, появившихся только в средние века. Первые пути сообщения для транспортных средств – повозок – создавались в рабовладельческих государствах в основном для того, чтобы обеспечить возможность завоевания соседних территорий, захвата рабов и удержания власти, а затем уже для развития хозяйственно-экономических отношений.

Таким образом, первыми видами дорог, используемых транспортными средствами, можно назвать военные дороги, торговые и культовые пути.

Особое место в истории развития путей сообщения и среди памятников Древнего мира занимают римские дороги. В период наибольшего могущества Римская империя имела около 90 тыс. км магистральных дорог с каменной одеждой. С учетом же грунтовых и гравийных дорог местного значения, по предположениям историков, общее протяжение дорожной сети Римской империи составляло от 250 до 300 тыс. км.

Французский историк А. Гранье писал в 1936 г.: «Из всех работ Рима во всем мире наиболее значительное, разумное и наиболее величественное, принесшее больше всего плодов – это понимание значения и создание обширной сети дорог империи». Именно из Древнего Рима пришло к нам широко известное и сегодня изречение «*Via est Vita*» («Дорога – это жизнь»).

Дороги Рима носили военное, культовое и хозяйственное значение. Основные магистральные дороги имели каменное покрытие, обеспечивающее постоянный проезд. Такие покрытия имели различную конструкцию и, конечно, требовали огромной трудоемкости. Строились они в основном солдатами-легионерами и рабами.

Артерии военных и экономических связей, поддерживающих римское господство и сопровождающих его поразительную международную экспансию, римские дороги, которые топтал и сохранял два тысячелетия мир, оставили неизгладимый след на пересекаемых ими территориях.

Несомненно, римляне – величайшие строители дорог древности – сохранили свой приоритет в этой области на долгое время. Только в эпоху Наполеона Европа смогла построить дороги качественно лучше тех, которые создало мастерство римских инженеров.

Это они придумали использовать булыжники как основание, чередуя затем слои земли и камней, что сделало дороги способными сопротивляться износу, суровым погодным условиям и оживленному движению. Они всегда искали самые короткие и безопасные маршруты, по возможности придерживались поверхности земли, но прокладывали туннели, чтобы преодолеть горные вершины, и пересекали реки и

дороги по каменным мостам и сваям всюду, где это было необходимо. Римские строители дорог прокладывали мостовые с врытой колеей на крутых склонах, чтобы по ним могли двигаться их повозки. Эта рационально спланированная наземная система связи способствовала активному перемещению людей и вещей, идей и культур, религий и истории. Так было на всех территориях, находящихся под римским господством, по которым пролегло около 100000 км дорог, связывающих ареалы 32 современных народов. Развитие и земли, и моря шло вслед за политическим и экономическим развитием Рима. В течение тех столетий, в которые Рим завоевал Италию, связь между строительством дорог и контролем за подвластной территорией как колониальной системой была особенно сильна.

Колония Террачина, основанная в 329 г. до н.э. для защиты южных границ Рима, первым делом положила начало строительству Аппиевой дороги, первой великой консульской дороги. Основание дороги было вымощено тесаными камнями, ширина позволяла разъехаться двум конным экипажам. По бокам шли похожие на тротуар возвышения и глубокие канавы для стока дождевой воды. Окончание дороги в Брундизии обозначала мраморная колонна, сохранившаяся до наших дней. Через каждую римскую милю стоял столб, обозначающий расстояние и с надписью, какой император правил на то время. Каждые 10 миль были оборудованы места для отдыха. Эта дорога имела три функции: гарантировать контроль за стратегически важным в экспансии над горным народом Самниума районом; обеспечить связь с морем и открыть путь в Южную Италию.

Объединив центрально-южный итальянский доминион, Рим был готов сделать решающий шаг к господству над богатым средиземноморским регионом. В этот период экспансия Рима была направлена на Карфаген, североафриканский город, имевший влияние на Средиземноморье.

Результатом стала серия войн, в которых Рим одержал триумфальную победу. Карфаген уступил Сицилию, Сардинию и Корсику. За войной против Карфагена последовали другие военные операции в дальних походах. Менее чем за век Рим установил контроль над всем Средиземноморьем.

В течение этого периода, в середине республиканской эры шло плановое строительство дорог, связывающих Рим с другими политическими и военными центрами.

Если республиканские войны изменили политический характер Рима, увеличив в армии и Римском обществе роль новых классов (поскольку торговцы разбогатели за счет связей с Востоком), то

политика дорожного строительства придала обществу новый динамизм. Это объединило и военные, и коммерческие силы. Развитие прибрежной и речной навигации по многим причинам было предпочтительней для связей на дальние расстояния. В свою очередь, дороги использовались на короткие и средние дистанции во многом благодаря качеству дорожной системы.

Построенные в соответствии со стандартной техникой дороги требовали ложа глубиной 90–120 см, заполненного мелкими камнями и битым кирпичом. Мостовая обкладывалась блоками тесаных камней. Важна была также длительность их сохранности. За это отвечали жители тех регионов, которые пересекала дорога: система работала хорошо под давлением центральной власти.

Рим распутал клубок проблем вокруг своей военной экспансии, пройдя через два цикла войн. Анализируя топографию различных битв, можно заметить значение дорог: они реально определяли военные действия. В них была главная сила Рима.

В этом контексте транспортная система повлекла за собой ряд глубоких изменений, открывающих новые экономические горизонты. Традиционные пути, изначально созданные как пусковой механизм для армии, превратились в общественную коммерческую сеть, используемую для интенсивного движения. Это было в тот период, когда Римское государство освоило дорожную систему, по которой круглый год двигались к новым пастбищам телеги, быки и стада, без опасений путешествовали на лошадях и в экипажах, странники и паломники.

Дороги, исходящие из Рима, стали артериями экономической системы, связывающими город с его окрестностями; в первое время они имели радиус 10 км. После многочасового путешествия можно было попасть в пригород – полугородскую-полусельскохозяйственную территорию с маленькими домиками вокруг маленьких полей. Это были фруктовые сады и овощные огороды Рима: по дорогам этого ареала двигались длинные вереницы повозок с продуктами для городских рынков, в них можно было найти вино, масло и пшеницу из Италии, Испании, Сицилии и Сардинии.

В этот период дороги использовались не только для транспортировки, но и как места публичных выступлений, в которых римляне представляли свою интерпретацию вопросов жизни и смерти в хореографических театральных сценах, а также использовали для общения послания, образы и другие вечные символы. Они свободно выражали себя вдоль дорог, удовлетворяя свою потребность в общении. Область такой деятельности располагалась вдоль дорог, между тротуаром и полем. У этого пространства не было собственника,

оно являлось видом свободной территории, где любой желающий мог оставить свое послание, не опасаясь взыскания штрафа.

Здесь же, на обочинах дорог, уже за римскими стенами, появился ряд надгробий и эпитафий, сопровождающий путника, входящего в Рим или покидающего его. Как неогражденное кладбище, обочины дорог стали местом неупорядоченно расположенных гробниц, превратившись в род мемориального сада. Древняя Аппиева дорога – прекрасный тому пример. Но какова связь между строительством кладбища и потребностью римлян в общении? Ответ прост: римляне видели в гробницах общественные постройки, хранившие не только память членов семьи. Гробницы или позже эпитафии и надгробные памятники создавались для проходящих мимо людей: загробный мир связывался с этим миром через эти эпитафии. Захоронения советовали, просили, угрожали людям. Строя гробницы, знатные люди Рима демонстрировали свою важность и статус. Со временем с ростом уровня жизни индивидуальные захоронения стали доступны и простым горожанам, крестьянам и даже рабам.

Между 80 и 44 г. до н.э., т.е. между правлением Помпея и Юлия Цезаря, Рим и Италия стали центром одной из величайших в истории империй, простиравшейся от Британии до Северной Африки, от Испании до берегов Рейна и от Египта до Сирии.

Переход к правлению князя, предшественника императора, происшедший при Октавиане Августе, привел к двум векам процветания. В течение этого времени начали появляться некоторые новые материальные, политические и культурные достижения, ставшие образцами западной цивилизации.

В эпоху Августа колонизация завершилась: были построены новые города и освоены новые земли. В это время некоторые из крупных дорог были обновлены, закончены или продлены.

Сеть дорог, связывающих Италию и Империю, вновь приобрела первостепенную важность. Дороги были необходимы для доставки и обеспечения коммерческого круговорота продуктов, прибывающих морем и переправляемых в центры – в Рим, Александрию, Египет и в Карфаген в Северной Африке. Интенсивность движения сопровождалась специализацией: Египет и Сицилия были житницей империи, Испания и Африка поставляли оливковое масло, используемое в приготовлении пищи и освещении жилища. Италия и Испания экспортировали вино. В течение второго столетия в Рим стали поступать драгоценные камни, богатые одеяния и деликатесы из Малой Азии, Сирии, Египта и даже Китая.

В первые два столетия Империи развитие дорог достигло своего пика со строительством длинных трасс, связывающих Рим со всеми регионами Италии и европейскими и средневозточными территориями. Они гарантировали успешную работу почтовой службы и быстрое продвижение гонцов, давая возможность центру управлять удаленной периферией. Число пунктов смены лошадей и мест для ночлега странников возросло. Правительство могло позволить себе финансировать строительство и инженерные работы. Сеть была объединена с водной системой и обрела свою полноту. На дорогах Рима было более 2000 каменных мостов. Первый из них был построен на р. Тибр в 142 г. до н.э. С распадом Римской империи в конце V в. н.э. пришла в упадок ставшая не только не нужной, но и опасной для существования вновь созданных феодальных государств огромная транспортная сеть империи.

Развитие и земли, и моря шло вслед за политическим и экономическим развитием Рима. В течение трех столетий, в которые Рим завоевал Италию, связь между строительством дорог и контролем за подвластной территорией как колониальной системой была особенно сильна. Менее чем за век Рим установил контроль над всем Средиземноморьем. В течение всего этого периода, в середине республиканской эры шло плановое строительство дорог, связывающих Рим с другими политическими и военными центрами.

После падения Римской империи почти 1000 лет пути сообщения не получали должного развития и внимания. Объем торговли между государствами был минимален и во многом осуществлялся по водным путям. Одна из причин заключается в том, что большое количество мелких феодальных государств породило огромное число таможен.

Из этой эпохи к нам пришла поговорка, что с «воза упало, то пропало», когда феодалы считали, что товары, упавшие на дорогу из-за поломки повозок, становились собственностью землевладельцев, поэтому они были даже заинтересованы в плохом состоянии дорог.

Плохое состояние дорог, непомерные таможенные сборы приводили к тому, что купцы старались отыскивать новые маршруты. Феодалы в свою очередь стремясь собрать больше денег, разрушали объездные дороги не только у себя на территории, но и у своих соседей. Все это не способствовало развитию единой дорожной сети. Большинство дорог в это время были грунтовыми, с плохой проезжаемостью в ненастные периоды. Забыто было и строительство хороших каменных мостов.

Первый каменный мост в Эпоху средневековья появился только в 1135–1146 гг. в Германии в г. Регенсбурге.

В средней России первые каменные мосты были построены через р. Неглинку в Москве (1515–1595 гг.).

### Контрольные вопросы

1. К какому периоду существования человеческого общества относится зарождение дорожных путей сообщения?

2. Расскажите об одном из крупнейших достижений человечества, сыгравшем важную роль и в развитии путей сообщения.

3. Назовите первые виды дорог, используемых транспортными средствами.

4. Какие дороги занимают особое место в истории развития путей сообщения?

5. Какой основной материал использовался строителями римскими дорог, сделавших их способными сопротивляться износу, суровым погодным условиям и оживленному движению?

6. В каких целях использовались дороги периода Римской империи?

7. За что отвечали жители тех регионов Римской империи, которые пересекала дорога?

8. Из какой эпохи к нам пришла поговорка, что с «воза упало, то пропало»?

## 2.2. Строительство дорожных путей сообщения в период появления механического транспорта

В XVI–XVIII вв. началось интенсивное разложение феодального общества и зарождение капиталистических отношений. При этом быстро возрастала потребность в перевозках, что вызвало повышенное внимание и к строительству дорожных путей сообщения с каменными дорожными покрытиями, которые обеспечивали непрерывное движение по транспортным путям.

В странах Западной Европы и в Германии возобновление дорожного строительства первое время шло по пути подражания конструкциям римских дорог. Но затем ссылки на римлян постепенно исчезают, разрабатываются современные конструкции, учитывающие необходимость предотвращения проникания влаги в дорожную одежду. И по описаниям в начале XVIII в. в Германии дороги имели поперечный профиль, в котором насыпь окаймлялась подпорными стенками. Однако практика дорожного строительства доказала ненужность устройства подпорных стенок и в более поздних рекомендациях по



принятию технических решений указывается, что строить дорогие подпорные стенки нецелесообразно, а следует определить необходимую величину поднятия пути над поверхностью грунта и устроить его сопряжение с боковыми канавами плоскими откосами, укрепленными дерном.

Рост перевозок сопровождался попытками регламентирования правил пользования дорогами. В опубликованном в 1768 г. в Германии постановлении было сказано, что: «каждый, кто преднамеренно повредит мосты, придорожные аллеи, мильные столбы или сооружения водоотвода, будет осужден на три месяца, а при повторении – на год». Несколько позже широкую известность получило щебеночное покрытие, которое по имени активного популяризатора этого типа дорожной одежды называют покрытием Мак Адама (Mac Adam) 1756–1836 гг.

Благодаря его усилиям на поприще главного строителя дорог Англии с 1818 по 1829 г. в Англии и Уэльсе были проложены новые щебеночные дороги общей длиной 1000 английских миль. С 1860 г. началась укатка щебеночных покрытий паровыми катками. Примерно в это же время начали применять покрытия с использованием асфальтовых смесей.

В конце XVIII начале XIX столетия на дорогах появились первые транспортные средства с паровой тягой, которые не получили должного развития. Но зато появление двигателя внутреннего сгорания и установка его на трехколесной повозке (К.Ф. Бенц – 1882 г.) привели к началу серийного изготовления автомобилей (Г. Даймлер – 1887 г.), без которых человечество сегодня себя уже не мыслит.

В России первые автомобили появились в 1901 г., когда в США их было уже 23 тыс. 1831 год знаменателен первым дорожно-транспортным происшествием с механическим средством, которое случилось в Англии.

История развития отдельных видов транспорта и единой транспортной системы уходит в далекие времена и тесно связана с научными достижениями. Историческое развитие транспорта можно проследить по табл. 1.

В данной таблице выделены научные достижения, имевшие революционный характер для резкого скачка в развитии транспорта. Развитие космического транспорта значительно расширило представления людей о космосе и предоставило возможности изучения других планет Солнечной системы.

Таблица 1

## Историческое развитие транспорта

Период	Транспортные средства и пути сообщения			Элементы системы		
	Водный транспорт	Наземный транспорт	Воздушный транспорт	Управление	Безопасность	Экология
1	2	3	4	5	6	7
1 млн лет до н.э.	Бревна Плоты Парусники	Животные, грубые колеса, колесницы, телеги				
1 тыс. лет до н.э.	Галеры	Дороги				
500 лет до н.э.	Каналы	Первая дорожная система				
1700 г.	Сеть каналов	Колесо со спицами; геометрический план городов; дилижанс; щебеночное покрытие			Магнитный компас	
1800 г.	Паровой двигатель	Паровой двигатель	Воздушный шар	Телеграф; первая диспетчерская		
	Пароход Гребной винт Железный корпус судна	Паровой автомобиль (1768); велосипед (1801); пультмановский вагон; поезд (1834); трамвай (1850); электрический двигатель (1860); электромобиль (1880)				
	Двигатель внутреннего сгорания	Автомобиль		Телефон		

Окончание табл. 1

1	2	3	4	5	6	7
1900 г.		Грузовые, автобусы, троллейбусы, увеличение производительности	Самолеты Дирижабль Вертолет Реактивный двигатель	Светофоры	Пересечение дорог в разных уровнях, дороги с разделением встречных потоков	
1940 г.	Морские пути	Система дорог	Пассажирский реактивный самолет	Система управления воздушным транспортом (УВД); цифровая ЭВМ; второе поколение системы УВД	Спасательные средства для воздушного и морского транспорта Привязные ремни	
	Контейнерные перевозки					
	Супертанкеры	Специальный подвижной состав; трубопроводы; легкие автомобили				
1970 г.	Атомоходы	Экспериментальный рельсовый аппарат на воздушной подушке, аппарат на магнитной подушке; транспорт на принципе использования геомагнетизма Земли	Самолет-аэробус, сверхзвуковой самолет	Суперавтомобилизация. Третье поколение системы УВД; экспериментальная АСУ автомобильным движением; АСУ движением транспорта	Автоматическое регулирование движения САУТС (система автоматического управления транспортными средствами) «Безопасный автомобиль»	Загрязнение окружающей среды, шум и вибрация, истребление флоры и фауны, энергоресурсов. Гиподинамия

В России строительство дорог первоначально развивалось несколькими отличными от Запада путями в связи с недостатком легкодоступных для разработки каменных материалов. Основными источниками получения камня были трудоемкий сбор на полях валунов и разработка гравия в ледниковых отложениях. Несмотря на значительную протяженность дорог (во второй половине XVIII в. только сеть почтовых путей из Москвы достигала 16–17 тыс. км) и большие потребности в совершенствовании условий перевозок, техника дорожного строительства в России длительное время ограничивалась осушением дорожной полосы и укреплением труднопроезжаемых мест древесными материалами.

Началом дорожного строительства в России можно считать 1722 г., когда 1 июня был издан сенатский указ о постройке дороги, связывающей Петербург с Москвой. Дорогу строили как грунтовую. В указе от 20 мая 1723 г. говорилось: «... а в болотных местах класть фашины и между ими насыпать землею слоями до тех мест, как вышиною будет с натуральною землею ровно и потом мостить, не подкладывая под испод бревен и сверх того мосту насыпать по небольшому земли».

Примитивная технология строительства в суровых грунтовогидрологических условиях северо-запада европейской части России не могла обеспечить удовлетворительные для проезда дороги. Низкое качество грунтовых и укрепленных деревом дорог привело к тому, что руководители дорожным строительством начали по своей инициативе мостить отдельные участки дороги камнем. В декабре того же года Сенат принял решение, что «в нужных местах и где камня довольно есть, из помянутых дорог одну половину, в рассуждении прочности и сбережения лесов, мостить камнем по такому грунту, чтоб камень скоро не опадал и не делалось лоцин и не повреждалась бы дорога...». С этого времени в России была принята твердая установка на постройку на магистральных дорогах каменных дорожных одежд. Развитие в России торговли и промышленности требовало содержания дорог в исправном состоянии.

На важнейших государственных дорогах преимущественным типом дорожного покрытия было щебеночное. Несмотря на небольшие объемы его строительства, именно в России было достигнуто существенное улучшение техники постройки. Первоначальная технология не предусматривала какого-либо специального уплотнения дорожного покрытия. Идея отказа от уплотнения щебеночных покрытий движением и перехода к уплотнению катком не сразу получила признание и лишь в 40-х гг. XIX столетия стала рассматриваться как обязательная.

В России в 1786 г. была утверждена как обязательная конструкция дорожной одежды капитана Баранова для дорог с проезжей частью. Покрытие было двухслойным. Нижний слой состоял из щебня размером «малого куриного яйца», а верхний толщиной 2–4 дюйма – из прочного каменного материала, который при постройке надо было «уколотить поплотнее ручными бабами и выровнять катками, железными и каменными». При укатке рекомендовалось употреблять «катки сначала незначительного веса, но увеличивать по мере укатки вес оных». При этом «польза от катка могла только тогда быть, коль скоро тяжесть его постепенно доходила до 300 пудов нагрузкой в ящик камня». Последняя строительная операция рекомендовалась значительно ранее, чем ее ввел в 1830 г. в строительную практику для щебеночных покрытий во Франции Полонсо.

После 1860 г. объем дорожного строительства в России начал сокращаться. Если до 1861 г. в среднем строилось по 230 км дорог с твердыми покрытиями в год, что само по себе было крайне мало по сравнению с потребностью, то в следующее двадцатилетие объем строительства снизился до 25–30 км в год и лишь после 1890 г., в связи с развертыванием строительства стратегических дорог в западных губерниях, снова возрос до 300–350 км. Железных дорог в этот период ежегодно вводилось в эксплуатацию от 730 до 1320 км в год.

Ограниченные финансовые возможности земств привели к тому, что на подъездных путях начали получать распространение булыжные мостовые, постройка которых не требовала механизации (первые заграничные паровые катки массой 10 т появились только в 1875 г., а их производство в ограниченном объеме на Коломенском, Варшавском и Брянском машиностроительных заводах было развернуто в конце XIX в.). Булыжные мостовые были менее трудоемки при строительстве, поскольку отпадала необходимость дробления камня на щебень, и их можно было надолго оставлять без ремонта. Долгое время укатку вели без поливки водой, хотя положительное действие увлажнения щебня на закатывание было известно. В 1851 г. инженером Евреиновым рекомендовалось «при укатке до россыпи высевок выбирать по возможности сырое и дождливое время, укатку же с высеvkами производить тогда, когда уже шоссейная поверхность несколько просохнет, а влажность будет находиться только в нижнем слое».

Перед второй мировой войной получило распространение строительство дорожных одежд из бетона. Для всех стран был типичен поперечный профиль бетонного покрытия из соединенных металлическими штырями плит постоянной толщины 18–24 см, укладываемых на песчаное или гравелистое основание или более толстый «морозоза-

щитный слой», предохранявший от пучения. Предполагалось, что толстая бетонная плита, распределяющая давление от колес автомобилей на большую площадь основания, может в известной степени компенсировать неоднородность грунта земляного полотна. Однако опыт эксплуатации показал, что различие в прогибах центральной части и краев плит при проезде автомобилей приводит к накоплению остаточных деформаций грунта под поперечными швами и образованию там полости, заполняющейся в дождливые периоды водой, разжижающей грунт земляного полотна. Возникает характерное явление «выплесков» – выбрызгивание из швов при проезде автомобилей грязной воды, приводящее к увеличению полостей под концами плит, их работе под нагрузкой как консоли, в конце концов, к их обламыванию. Аналогичное явление накопления осадок подстилающего грунта под влиянием прогиба плит возникает и в центральной части плит. В бетоне плиты, не испытывающей полной поддержки грунтового основания, начинают развиваться усталостные явления, приводящие к образованию трещин.

Если проследить хронологию развития дорог России и западных стран, легко увидеть, что отставание технологии довоенного периода прошлого столетия составляло в среднем 10–20 лет.

Трудности получения каменных материалов, суровость климата и значительное разнообразие климатических условий предопределили творческое развитие в России конструкций щебеночных дорожных покрытий. Выработалось представление о структуре щебеночной коры.

Существенным отличием конструкций дорожных одежд в России был отказ от обязательного требования Дж. Мак-Адама о создании дорожной одежды из однородного по составу, крупности и прочности щебня.

Средняя полоса европейской части России, где велось строительство щебеночных покрытий, бедна каменными материалами, так как коренные породы покрыты мощными слоями ледниковых отложений. Основным источником получения каменных материалов был сбор на полях валунов. Поэтому вскоре возникла мысль об укладке в нижний слой одежды крупного щебня слабых, но дешевых местных пород. Таким способом построен ряд шоссе в западных губерниях. Вначале, так же, как и Мак-Адам, щебеночным одеждам придавали толщину 25 см (10 дюймов), но потом, убедившись, что хорошее уплотнение щебеночного слоя проездом распространяется только на глубину, примерно, 10 см, а глубже щебень остается в слабо уплотненном состоянии, перешли постепенно в целях уменьшения расходов к толщине 15 см в уплотненном состоянии. Это оказалось возможным в связи с

меньшими нагрузками на конные повозки в России по сравнению с применявшимися в Англии. При неблагоприятных грунтовых условиях, где можно было ожидать пучин, щебеночную одежду утолщали до 9–12 дюймов, но, так как это сильно удорожало строительство, нижнюю часть каменного слоя начали заменять песком. Так было построено шоссе Петербург – Москва.

В России идея повышения связности щебеночного покрытия начала реализовываться лишь после введения искусственного уплотнения щебеночных россыпей катками, причем на основе других принципов, чем за рубежом. Щебеночная кора из одномерного прочного щебня, несмотря на обламывание кромок щебенки, имела высокую пористость. Для заполнения пор в верхнем, наиболее уплотнявшемся, слое начали использовать более мелкий материал – клинец и высевки, вдавливаемые весом катка в незаполненные места между щебенками и создающие расклинивание. В России считалось обязательным использование для этой цели щебня тех же горных пород, что и для основной россыпи, поскольку применение мягких, легко дробящихся пород, облегчая закатку, давало малоустойчивое, быстроразрушающееся покрытие.

Особенностью щебеночных покрытий было то, что они нуждались в повседневном надзоре и ремонте, так как от выбитой щебенки начинался быстрый рост дальнейших разрушений.

Возникновение и развитие железнодорожного транспорта относится к первой половине XIX в. и напрямую связано с формированием капиталистического способа производства, ростом крупной промышленности (в частности, горнодобывающей), образованием национальных и мировых рынков, потребовавших быстрой, массовой, недорогой и достаточно регулярной перевозки грузов.

Первые лежневые дороги были проложены на железоделательных заводах, шахтах и рудниках (применялись в Великобритании с XIV в.).

Первые металлические рельсы были изготовлены в Великобритании в 1767 г. Начало строительства рельсовых дорог в России относится к концу XVIII в. Чугунная рельсовая дорога в России была построена в 1788 г. инженером Ярцевым на Александровском пушечном заводе в Петрозаводске, а затем – в 1808–1810 гг. на Алтае. Первый паровоз в России был построен отцом и сыном Черепановыми в 1834 г. на Нижнетагильском заводе Демидовых.

В 1803 г. Дж. и Р. Стефенсонами был построен первый паровозостроительный завод, что позволило открыть междугородную железнодорожную линию общего пользования. Железные дороги коммерческого назначения были построены во Франции (1828), США (1829),

Бельгии и Германии (1835), Италии (1839), а также в Австралии, странах Азии, Африки и Южной Америки (50-е гг. XIX в.).

Первая железная дорога общего пользования в России была проложена между Санкт-Петербургом и Царским Селом в 1837 г. Перевозки осуществлялись английскими паровозами со скоростью до 60 верст/ч. В 1851 г. была построена двухпутная магистраль Москва – Санкт-Петербург протяженностью 611 км.

Первые отечественные вагоны были построены в 1854 г. на Александровском заводе в Петербурге. Мощность первых паровозов была 30–40 кВт, а к началу XX в. она достигла 600–1000 кВт. К этому же времени относятся первые попытки создания новых видов тяги: дизельной (тепловозной) и электрической. Магистральные тепловозы в России были построены в 1924 г. Впервые электротяга была применена в США в 1895 г., а в России – в 1926 г. В 1929 г. открыли сообщение на электротяге между Москвой и Мытищами. Электротяга является экономически выгодной, не загрязняет окружающую среду, что особенно важно, если железная дорога проходит в тоннелях (известны случаи отравления машинистов в тоннелях паровозным дымом). Применение электротяги способствовало развитию метрополитена. Так, время появления первых линий подземки в Лондоне – 1863 г., Нью-Йорке – 1868 г., Будапеште – 1896 г., Париже – 1900 г., Берлине – 1902 г.

Железные дороги со второй половины XX в. стали развиваться как межгосударственные и даже межконтинентальные. Примерами могут служить межгосударственная сеть железных дорог Европы и железные дороги России, через которые осуществляются евро – азиатские связи.

Усиление международных торговых отношений, развитие науки, экологическая ситуация и энергетические проблемы потребовали модернизации и совершенствования железнодорожного транспорта, которому нет альтернативы в дешевых массовых и экологически чистых перевозках, что особенно заметно с 80-х гг. XX в., когда удалось значительно повысить скорости на железных дорогах мира.

Водный (речной и морской) транспорт появился за 6–4 тыс. лет до н.э. Парус изобретен за 3 тыс. лет до н.э. Первые суда представляли собой плоты, катамараны, бурдюки, выдолбленные или выжженные из стволов деревьев, челноки из шкур (калки), лодки из глины и т.д.

Необходимость увеличения грузоподъемности привела к переходу к наборным судам (каркас – обшивка). Первыми движителями служили шесты, весла (до трех ярусов, а на весле – до 12 гребцов). Существовали универсальные суда – галеры. Гребные суда использовались до XVIII в. (в основном в военных целях).



На территории России в IX в. началось освоение Черного и Каспийского бассейнов, в начале XVII в. – освоение бассейна Северного Ледовитого океана, к середине века – освоение дальневосточных морей. В конце XVII – начале XVIII в. Петр I построил порт в Архангельске, в 1703 г. – заложил Санкт-Петербург на Балтийском море. Позднее на Черном море были основаны порты Херсон (1778), Севастополь (1784), Одесса (1794).

Наивысший расцвет флота – вторая половина XIX в. (грузоподъемность – 5–6 тыс. т, скорость – 33 км/ч и более). Железный корпус судна появился в середине XVII в. Паровая машина стала применяться с 1807 г. в США, с 1815 г. в России. Морской колесный пароход был построен в Великобритании в 1818 г. В XIX в. применяли гребной винт, в XIX–XX вв. появились паровые турбины, дизели (тепловозы). В России в 1903 г. изобрели дизель-электроход. В 1899 г. построен русский ледокол «Ермак».

Относительно небольшая скорость движения морских судов требовала разработки новых принципов движения. Стали разрабатываться две основные идеи: движение над водой и под водой.

Идея создания корабля, как бы висящего над волнами, была выдвинута шведом Э. Сведенборгом в 1716 г. Через 140 лет архитектор Архангельской губернской строительной и дорожной комиссии Иванов предложил проект судна на воздушной подушке, но паровая машина оказалась слишком тяжелой и проект отклонили.

В России работы над судами на воздушной подушке начались в 1927 г. под руководством профессора В. И. Левкова. Построенные катера уже в 1937 г. развивали скорость около 120 км/ч. Построенное в 1953 г. в Англии судно на воздушной подушке проходило пролив Ла-Манш с 250 пассажирами и 30 автомобилями на борту за 40 мин вместо 1,5 ч, требующихся для обычного транспортного средства.

Недостатком судов, в которых применяют скэги (вертикальные стенки) в отличие от конструкций с так называемыми «юбками», т.е. устройствами, сдерживающими воздух под днищем корпуса, является невозможность их выхода на берег и необходимость строительства пристани. Суда с «юбочной» конструкцией могут использоваться на воде, в том числе на мелководье, на суше и на льду.

Возможность применения атомных двигателей позволяет строить суда и паромы даже для океанского плавания, где из-за ветро-волнового режима высота судов должна быть не менее 3 м над поверхностью воды, что обуславливает увеличение мощности двигателей.

Другим видом конструкции явились суда на подводных крыльях. Первый патент на идею был получен во Франции в 1891 г. российским

поданным Ш. де Ламбером. Скорость построенного им в 1897 г. катера заметно возросла, однако движение крыла в воде не обеспечивало устойчивости судна. Вплоть до 30-х гг. XX в. строительство кораблей на подводных крыльях шло без серьезных теоретических расчетов. Проблема была в том, что поведение подъемной силы крыла в жидкости и на границе раздела двух сред «воздух – вода» значительно сложнее, чем в воздухе (самолетостроение имело уже достаточно разработанную теорию поведения крыла в воздушной среде). Эта проблема была решена в 1937 г. М.В.Келдышем и М.А.Лаврентьевым. В России разработкой судов на подводных крыльях занимался выдающийся конструктор Р.Е.Алексеев (1916–1980). В 1957 г. открылось регулярное пассажирское движение по линии Горький – Казань на крылатом корабле «Ракета», разработанном под его руководством. Корабли на подводных крыльях движутся практически без качки. Опрос пассажиров показал, что суда на подводных крыльях предпочтительнее в 99 случаях из 100 по сравнению с судами на воздушной подушке.

Воздушная подушка и подводное крыло позволяют повысить скорость до 200 км/ч, в то время как авиация достигла средней скорости 1000 км/ч, а в отдельных случаях – 2500 км/ч. Рыночная конкуренция на транспорте потребовала и от водных его видов дальнейшего повышения скоростей, что привело к созданию экранопланов. Эта задача появилась более 50 лет назад, но пока не решена окончательно.

### Контрольные вопросы

1. Какие обстоятельства вызвали повышенное внимание и к строительству дорожных путей сообщения с каменными дорожными покрытиями?
2. По какому пути шло возобновление дорожного строительства в странах Западной Европы и в Германии?
3. Дайте характеристику этапов исторического развития транспорта.
4. В чем заключалась техника дорожного строительства в России на начальных этапах дорожного строительства?
5. Расскажите о типе покрытия, которое преимущественно использовалось на важнейших государственных дорогах России.
6. Началом какого века характеризуются возникновение и развитие железнодорожного транспорта?
7. В каком году были построены первые отечественные вагоны?
8. Охарактеризуйте начальные шаги появления и развития автомобильного транспорта.
9. Что представляли собой первые суда?
10. Дайте объяснение предпочтительности судов на подводных крыльях относительно других судов.

### 2.3. Строительство путей сообщения и транспортных средств в эпоху автомобилизма и развития авиации

Конец XIX – начало XX в. характеризуется появлением и развитием автомобильного транспорта (от греч. autos – сам и лат. Mobilis – подвижный, легкодвигающийся) и, соответственно, автомобильных путей сообщения. В 1752 г. крестьянин Казанской губернии Л. Шамшуренков сконструировал «самобеглую коляску», демонстрация которой проходила в Санкт-Петербурге. В 1791 г. талантливый самоучка Иван Кулибин продемонстрировал трехколесную «самокатку», в которой были коробка передач, маховик и другие детали. Управление производилось педалями, скорость составляла до 10 км/ч.

Паровые автомобили появились во Франции (1769 г., изобретатель Ж. Кюньо), Великобритании (1800 г., изобретатель Эванс; 1801 г., изобретатель Тревитик и др.) и других странах.

От двухцилиндровой паровой машины с автоматическим распределением пара (1766 г., изобретатель Иван Ползунов) до автомобиля на бензиновом двигателе (1862 г., изобретатель Э. Ленуар) прошло почти 100 лет, в течение которых продолжались поиски новых вариантов движения. В 1899 г. И. Романов создал электрический автомобиль.

Можно сказать, что автомобиль не является изобретением одного человека, так как каждый разработчик добавлял в него новые части. Так, германский инженер Бенц (основатель фирмы «Даймлер-Бенц») соединил уже изобретенную коляску и двигатель внутреннего сгорания Даймлера и усовершенствовал их.

Официально первыми создателями отечественного автомобиля считаются Е. Яковлев и П. Фрезе (1896). Большой вклад в развитие грузового автомобиля внес Б. Луцкий. Создание специализированных автомобилей позволило осуществлять связь между городами.

В 1801 г. крепостной слесарь Е. Артамонов построил первый двухколесный металлический велосипед. Затем создавались паровой, водяной, электрический, складной велосипеды. Многие узлы и конструкции велосипеда в дальнейшем стали деталями автомобиля.

В 1-й четверти XX в. появился воздушный транспорт. Освоение воздушного пространства издавна является сокровенной мечтой человечества, что подтверждается различными мифами, в том числе об Икаре и Дедале, сказками о коврах-самолетах, пророческими фантазиями Ж. Верна. Во II в. до н. э. в Китае запускали бумажных змеев, созданных по определенным принципам аэронавтики.

Механизм образования аэростатической подъемной силы был открыт Архимедом еще в III в. до н.э. Но подняться в воздух человек смог только через 2 тыс. лет.

Развитие летательных аппаратов, способных совершать полеты над Землей, шло по двум направлениям: создание аппаратов легче воздуха (воздушный шар, аэростат (от греч. aer – воздух и stator – стоящий, неподвижный), дирижабль (от франц. Dirigeable – управляемый), или управляемый аэростат) и создание аппаратов тяжелее воздуха (самолет, вертолет, или, по зарубежной терминологии, вертолет, – основные средства авиации (от лат. avis – птица) и воздухоплавания).

Над осуществлением идеи полета работали многие ученые и изобретатели. Так, в 1475 г. Леонардо да Винчи, выдающийся художник, архитектор и талантливый инженер-механик, сделал эскизы вертолетов и планеров с мускульным приводом, один из которых имел вращающиеся винтовые поверхности, другой – машущие крылья. Эскизы появились как результат исследования скелетов птиц и человека. Великий русский ученый М.В. Ломоносов в 1754 г. построил аэродинамическую машину – действующую модель вертолета. Это первая в мире разработка летательного аппарата тяжелее воздуха, подтвержденная документально. В 1783 г. в Париже прошел испытания воздушный шар братьев Ж.-М. и Ж.-Э. Монгольфье, наполненный теплым воздухом от огромного костра. В том же году другой французский ученый Ж. Шарль разработал аэростат, наполняемый более легким газом – водородом.

В 1799 г. английский ученый Дж. Кейли предложил аппарат с неподвижным крылом, затем построил планеры для полета человека. В 1852 г. совершил первый полет дирижабль объемом 2,5 м<sup>3</sup> с воздушным винтом, приводимым во вращение паровой машиной. Полеты на планере принесли известность немецкому ученому О. Лилиенталу (1881). В России в 1893–1894 гг. был спроектирован цельнометаллический дирижабль. В Германии в 1900 г. были продемонстрированы полеты жесткого каркасного дирижабля конструктора Ф. Цеппелина. В 1883 г. знаменитый русский ученый А.Ф. Можайский построил самолет с паровой машиной для привода в действие воздушных винтов, однако ни его самолет, ни самолеты ученых других стран того времени с аналогичной силовой установкой успеха не имели.

Первый пилотируемый полет аэроплана с бензомоторной силовой установкой состоялся в 1903 г. в американском местечке Китти-Хок в Северной Каролине. Изобрели, построили и испытали воздушную машину американцы – братья У. и О. Райт.

В конце 1906 г. поднялся в воздух первый европейский аэроплан конструкции Альберто Сантос-Дюмона, и центр развития авиации переместился во Францию. Француз Л. Блерио впервые перелетел через пролив Ла-Манш за 37 мин (ширина пролива 40 км) в 1909 г.

Авиация начала служить человеку, когда ей едва исполнилось 7 лет. В 1911 г. Г. Пекетт впервые перевез на самолете почту. Произошло это в Индии. Это можно считать открытием регулярной почтовой линии. 4 июля 1911 г. можно считать днем рождения грузовых воздушных перевозок. В этот день пилот доставил заказчику коробку с лампами от компании «Дженерал электрик».

В России первые полеты самолетов отечественных конструкторов И.И. Сикорского, А.С. Кудашева и Я.М. Гаккеля начались с 1910 г. В это время можно выделить три направления развития авиации: легкие самолеты, тяжелые самолеты и гидропланы – на поплавках и лодочные гидросамолеты. Уже в 1913 г. русские конструкторы во главе с И.И. Сикорским построили самолет с полетным весом 4,2 т. Знаменитый отечественный самолет «Илья Муромец» (1915) вмещал до 14 человек и имел скорость до 90 км/ч. В 1918 г. основоположник аэродинамики Н.Е. Жуковский создал лабораторию, позднее реорганизованную в Центральный аэрогидродинамический институт им. Н. Е.Жуковского (ЦАГИ).

В историю вошел беспосадочный перелет из СССР в США через северный полюс, осуществленный экипажем под руководством В.П. Чкалова. Историческим стал рекордный по дальности перелет Москва – пос. Керби, осуществленный женским экипажем в составе В.С. Гризодубовой, М.М. Расковой и П.Д. Осипенко.

Появилась целая плеяда отечественных конструкторов: С.В. Ильюшин (самолеты Ил), А.Н. Туполев (самолеты Ту), Антонов (самолеты Ан), П.О. Сухой (самолеты Су), А.С. Яковлев (самолеты Як), С.А. Лавочкин (самолеты Ла), А.И. Микоян и М.И. Гуревич (самолеты МиГ), М.Л. Миль (вертолеты Ми), Н.И. Камов (вертолеты Ка) и др.

Первые полеты гражданской авиации начались в 1924 г. по маршруту Москва – Нижний Новгород, а в 1925 г. в России была открыта первая международная линия Москва – Берлин. После революции 1917 г. в России интенсивно развивалось дирижаблестроение. Начиная с 30-х г. XX в. воздушных гигантов стали вытеснять самолеты. Интерес к дирижаблям резко упал, когда они один за другим начали сгорать при авариях. Однако к началу 70-х гг. вновь вспомнили о преимуществах дирижаблей: большая грузоподъемность; низкий расход топлива; практически неограниченные дальность и продолжительность полета.

Большое достоинство использования дирижаблей заключается также в том, что для них не нужны аэропорты со взлетно-посадочными полосами.

#### 2.4. Строительство путей сообщения и транспортных средств во второй половине XX и начале XXI в.

Началу развития воздушных путей сообщения в стране положили значительные успехи в области создания реактивной авиации в середине 20 века, позволившие достичь скорости 2500 км/ч (отечественный Ту-144 и зарубежный француско-английский «Конкорд»).

1980-е гг. характеризуются развитием воздушно-космических аппаратов многоразового использования, сочетающих достоинства авиационной и космической техники, например «Буран» (Россия), «Шаттл» (США). Многоразовые корабли напоминают реактивный самолет с треугольным крылом. Кабина экипажа герметизирована. Грузовой отсек может открываться в космосе, «выпуская» спутник или выгружая конструкции орбитальной станции. «Шаттлы» имеют стыковочные узлы с переходными отсеками, которые позволяют им причаливать к международной космической станции.

Непрерывные виды транспорта, в частности трубопроводный транспорт, появились в глубокой древности (примерно 7000 лет назад) в виде водопровода, в котором вода передавалась по бамбуковым трубкам. В Древнем Египте и Китае использовались водоподъемные устройства по типу современного ковшового элеватора, скребкового и винтового (архимедов винт) конвейера. В XV–XVI вв. деревянные винтовые конвейеры начали применять в мукомольном производстве. В 1764 г. механик Е. Г. Кузнецов в Нижнем Тагиле соорудил многоковшовый подъемник для подъема руды. В 1860 г. А. Лопатин на сибирских золотых приисках применил систему ленточных конвейеров из холста, а затем из кожи и стали – для транспортировки песка и гальки.

Первый нефтепровод был построен в США в 1865 г. В России в 1878 г. на нефтепромыслах Баку открыли трубопровод длиной 10 км с диаметром трубы 76 мм, который был разработан инженером В.Г. Шуховым. Патент передачи твердых грузов по трубопроводам был разработан в 1889 г.

Трубопроводный транспорт применяется в нашей стране для перекачки природного газа с конца 1940-х гг., так как до Второй мировой войны в России не было промышленного производства газа, существовали только местные небольшие газопроводы для перекачки газа, получаемого с помощью перегонки из древесины, угля, нефти.

Трубопроводный транспорт способствует развитию внешнеторговых связей с зарубежными странами, которым Россия продает нефть и газ (основной источник бюджета страны). Некоторые трубопроводы строятся на компенсационной основе, т.е. страны, покупающие в России сырье, участвуют в поставке труб и строительных работах при прокладке трубопроводов.

Выработка и передача электроэнергии интенсивно началась в России в конце XIX в., а Единая энергетическая сеть стала образовываться с 1920 г. по плану ГОЭЛРО. Основными источниками электроэнергии были тепловые станции, работающие на угле и торфе, гидроэлектростанции, вырабатывающие ток напряжением 400–500 кВ, и лишь значительно позже появились первые атомные станции, вырабатывающие ток напряжением 750 кВ и более. Россия продает электроэнергию за рубеж благодаря наличию крупных гидроэлектростанций: Красноярской, Саяно-Шушенской, Братской, Усть-Илимской и др.

До появления автомобилей к качеству дорог предъявлялись ограниченные требования, вытекающие из особенностей тяги на подъемах. Строительство дорог, предназначенных для автомобилей, привело к значительному повышению их динамических качеств.

Развитие автомобилизации в странах с густой дорожной сетью при преобладании легковых автомобилей личного пользования, резкое возрастание пассажирских перевозок и широкое распространение автотуризма обусловили необходимость предъявления к автомобильным дорогам столь же высоких требований, как и к любому инженерному сооружению. В этой связи в целях повышения качества дорожного строительства до 2020 г. в рамках ЕТС страны предстоит решить целый комплекс научных и инженерных строительных задач.

Во всех странах задачи дорожного, строительства включают пять основных направлений: создание сети опорных автомобильных магистралей; строительство дорог во вновь осваиваемых промышленных и сельскохозяйственных районах; строительство сети внутрихозяйственных дорог в сельских районах; реконструкцию и совершенствование дорог существующей сети; городское дорожное строительство.

Поскольку автомобильные магистрали являются наиболее дорогим типом дорог, их сеть создается последовательно путем постройки четырехполосной проезжей части с разделительной полосой на наиболее загруженных участках маршрутов в первую очередь вблизи больших городов. На перегонах строится двухполосная дорога с тем, чтобы при дальнейшем росте интенсивности движения пристраивать к ней вторую проезжую часть.

Для последнего 20-летия характерна устойчивая тенденция к поискам путей уменьшения стоимости дорожного строительства, вызванная как удорожанием материалов и энергий, так и уменьшением ассигнований на дорожное хозяйство. Выход ищут в снижении нормативов на элементы трассы и поперечного профиля дорог, а также в некотором понижении расчетного уровня обслуживания и надежности дорожных одежд – в сокращении планируемых межремонтных сроков. Находят применение широкий круг отходов промышленности – шлаки, горелые сланцы отвалов каменноугольных шахт, мел из расположенных поблизости выемок, камень и кирпич из разбираемых зданий, золы уноса и др. В ФРГ широко используют для возведения земляного полотна золошлаки от печей, в которых сжигают в городах бытовые отбросы.

Поскольку прочность водонасыщенного грунта возрастает по мере отжатия воды, темпы возведения насыпей на слабых основаниях увязывают с нарастанием сопротивления сдвигу, ускоряя удаление воды вертикальным дренированием или путем электроосмоса. Широкое использование в конструкциях земляного полотна начал находить геотекстиль – нетканый материал из отходов промышленности синтетических материалов. Основные цели его применения в земляном полотне – предотвращение проникания грунта насыпей в подстилающий слабый грунт, выравнивание напряжений по поверхности контакта подошвы насыпи с грунтом основания, отвод выжимаемой воды из основания и стабилизация водного режима верхней части земляного полотна, устраиваемой по принципу «грунта в обойме» – уплотненного слоя грунта оптимальной влажности, замкнутого со всех сторон в слоях водо- и паронепроницаемого геотекстиля.

Характерно снижение интереса к совершенствованию теории расчета дорожных одежд. Большое влияние на это оказали проведенные в США с 1958 по 1960 г. Ассоциацией сотрудников дорожных управлений штатов обширные испытания в штате Иллинойс опытных участков разных дорожных одежд проездами автопоездов до полного разрушения. В результате этих испытаний накоплены обширные материалы о работоспособности различных их конструкций. В решениях XVIII Международного дорожного конгресса 1984 г. в Сиднее отмечалось, что методы расчета дорожных одежд с теоретической точки зрения достигли совершенства, но эффективность их использования в большей степени зависит от точности, с которой могут быть определены расчетные параметры грунтов и материалов конструктивных слоев дорожных одежд. Пропагандировавшийся в 50-х гг. метод «комплексного проектирования» дорожных одежд и земляного полотна, при котором считали возможным низкий модуль деформации грунтов



земляного полотна компенсировать соответствующим увеличением прочности дорожной одежды, в ряде стран сменился требованием от строителей гарантированной прочности земляного полотна, при которой на всем протяжении дороги можно использовать типовые конструкции дорожных одежд. Возможность этого обеспечивается существенным повышением требований к степени уплотнения грунтов в земляном полотне по сравнению с довоенными и эффективной системой контроля за уплотнением при производстве земляных работ.

Поскольку тонкие слои покрытия работают в более тяжелых условиях, чем толстые, в битумы вводят добавки для повышения их тепловой и сдвигоустойчивости – резиновую крошку из размельченных старых шин и различного рода полимерные добавки. В Чехии и Австрии в битум добавляют 20–30 % серы, в ФРГ в целях экономии битума расширяется использование битумнодегтевых вяжущих. Вновь начал проявляться интерес к использованию битуминозных горных пород. Наблюдается увеличение использования для укрепления щебенистых материалов и грунтов в нижних несущих слоях дорожных одежд как неорганических вяжущих материалов – цемента и извести, так и обладающих вяжущими свойствами промышленных отходов – шлаков.

Широко развивается повторное употребление материалов переобработанных дорожных одежд, например, щебня от дробления бетона старых дорожных покрытий. Ведутся попытки использования искусственных каменных материалов – укладка в нижний слой одежд керамзита, обработанного битумом (Польша), и искусственного щебня из обожженной до спекания глины – керамдора. Временное возращение цен на битум заставило изменить отношение к старому асфальтобетону. Применяют самую различную технологию его повторного использования – от полного удаления старых покрытия с их переработкой на заводах для последующей укладки в покрытие до частичного разрыхления верхнего слоя на неполную толщину, добавления к нему нового материала и укладки на старое место при ремонтных работах и утолщении. Разрыхление выполняют как с предварительным разогреванием, так и в холодном состоянии. Для компенсации ухудшения свойств битума за период службы в старом покрытии добавляют маловязкий битум.

В верхних слоях покрытий получает распространение сильнопористый «дренирующий» асфальтобетон, который, обладая хорошей шероховатостью, обеспечивает высокий коэффициент сцепления с шинами, предотвращая аквапланирование быстрым отводом из зоны

контакта с покрытием водяной пленки, вдавливаемой в поры покрытия.

Эффективным способом правильного использования транспортными средствами проезжей части дороги становится четкое выделение полос движения. Обычные линии разметки недостаточно эффективны ночью. В 1937 г. были запатентованы световозвращающие шарики, которые начали вводить в разметочную краску, но из-за высокой стоимости и технологических трудностей такая разметка получила малое распространение. В 20-х гг. пытались обозначать линии разметки вделанными в покрытие бетонными блоками и алюминиевыми марками. Из-за трудоемкости и ненадежности их закрепления в покрытии метод временно был отвергнут. Длительное время основным средством обозначения полос разметки в ночное время были монтируемые в покрытие марки со стеклянными отражающими линзами «кошачьи глаза», усовершенствованные модели которых, имеющие резиновую прокладку, которая утапливается при наезде колеса в покрытие и обладает свойством самоочищения от грязи. Могут быть названы следующие первоочередные задачи совершенствования всей системы дорожного хозяйства, стоящие перед дорожным хозяйством России:

1. Дальнейшее развитие принципов научного планирования начертания сети автомобильных дорог как составной части единой транспортной системы России. В настоящее время на значительной части страны дорожная сеть редка, а транспортноэксплуатационные ее качества недостаточно высоки. Это дает возможность создания сети минимально необходимой протяженности, наилучшим образом сочетающей интересы развития промышленности, сельского хозяйства, пассажирских перевозок и т.д. Сеть должна предусматривать возможности ее стадийного расширения.

2. Более глубокий учет природных условий России в проектных решениях, технологии строительства и методах эксплуатации. Необходим более дифференцированный учет местных условий, в том числе особенностей микроклимата придорожной полосы, обусловленных постройкой дороги, ее экспозицией по отношению к странам света, гидрогеологическими условиями и т. д.

3. Совершенствование технологии проектно-изыскательских работ на основе максимального использования в качестве исходных материалов для проектирования аэрофото и аэрокосмических снимков. Широкие возможности специальных методов съемок – ультрафиолетовой, инфракрасной, сверхвысокочастотной радиометрии, лазерной локации позволяют оценить влажность поверхностных слоев грунта,

уровень грунтовых вод, степень засоления и другие характеристики, важные для выбора трассы.

4. Повышение роли технико-экономических обоснований принимаемых в проектах решений, развитие принципов вариантного проектирования в целях оптимизации проектных решений, снижения стоимости строительства и повышения транспортно-эксплуатационных качеств дороги при возможно более полном и точном комплексном учете факторов, лишь косвенно учитываемых в настоящее время. Влияние постройки дороги на социально-экономическое развитие обслуживаемой дорогой зоны, повышение безопасности движения, условия эксплуатации дороги, воздействие ее постройки на окружающую среду, степень удовлетворения ландшафтно-архитектурных требований и др.

5. Автоматизация проектирования дорог на основе комплексной системы, начиная с технико-экономических обоснований, уточнения технических нормативов на элементы трассы применительно к перспективному составу движения, трассирования по математической модели местности и кончая графическим оформлением всех чертежей.

6. Учет в проектных решениях требований экономии энергетических и сырьевых ресурсов как при автомобильных перевозках по дороге, так и в процессе ее строительства и эксплуатации.

7. Совершенствование технических нормативов на элементы трассы дороги и особенно на их взаимные сочетания. Более глубокий учет психофизиологических особенностей восприятия водителями дорожных условий и всей обстановки движения, а также требований удобства пассажирских и грузовых перевозок и создания оптимальных условий работы водителей.

8. Переход от проектирования дорог на движение одиночных автомобилей с высокими расчетными скоростями к проектированию дорог с учетом движения по ним плотных потоков автомобилей, что особенно актуально в связи с тем, что еще на ряд лет сохранится опережающее развитие автомобилестроения по сравнению с приростом протяженности дорожной сети. Обеспечение не только возможности проезда транспортных потоков, но и оптимальная организация их движения самим проложением дороги.

9. Направленное регулирование круглогодичной стабильности водно-теплового режима земляного полотна. Предотвращение возможности осенне-весеннего снижения прочности грунтов, на которое сейчас вынужденно ориентируется проектирование дорожных одежд, путем сохранения грунтового основания в сухом состоянии с помощью

создания водо- и теплоизолирующих прослоек из синтетических материалов (геотекстиль).

10. Разработка методов обеспечения безопасности движения и повышения пропускной способности (реконструкция) участков дороги, переставших удовлетворять требованиям возросшего движения.

### Контрольные вопросы

1. Какой исторический период характеризуется развитием автомобильных путей сообщения?

2. Охарактеризуйте эпоху появления и развития автомобильного транспорта.

3. Кем и в каком году была продемонстрирована трехколесная «самокатка», в которой были коробка передач, маховик и другие детали?

4. В какой стране появились первые паровые автомобили?

5. Кого официально можно считать первыми создателями отечественного автомобиля?

6. Какие первые ученые и изобретатели работали над идеей полета?

7. Когда начались первые полеты самолетов отечественных конструкторов И.И. Сикорского, А.С. Кудашева и Я.М. Гаккеля в России?

8. Перечислите плеяду отечественных конструкторов самолетов двадцатого и начала двадцать первого века.

9. Для каких целей применяется трубопроводный транспорт в нашей стране?

10. Когда началась интенсивная выработка и передача электроэнергии в России?

11. Какие направления включают задачи дорожного строительства во всех странах?

12. Расскажите о повторном употреблении материалов перестраиваемых дорожных одежд.

13. Назовите первоочередные задачи совершенствования всей системы дорожного хозяйства, стоящие перед дорожным хозяйством России.

## 3. ВОДНЫЕ ПУТИ СООБЩЕНИЯ

### 3.1. Виды водных путей сообщения

Характерными представителями водных путей сообщения являются каналы. В дословном переводе с латинского языка канал – это труба или желоб. В контексте современного определения канал – это искусственное русло правильной формы, устроенное в открытой выемке или в насыпи грунта. Различают следующие виды каналов: энергетические, оросительные, водопроводные и обводные, осушительные или дренажные, лесосплавные, рыбоводные и судоходные.

**Энергетические каналы.** Данный вид каналов также можно разделить на подвиды:

– подводящие энергетические каналы: подводят воду от головного водозаборного узла из водохранилища;

– отводящие энергетические каналы: отводят в реку воду, прошедшую через турбину.

**Оросительные каналы.** Здесь выделяют следующие подвиды:

– магистральные: подают воду из водоема к орошаемым земельным массивам;

– распределительные: посредством этих каналов вода из магистрального канала распределяется между орошаемыми массивами и подводится к оросительным каналам;

– оросительные: подают воду из распределительных каналов на поливные участки.

**Водопроводные и обводные каналы.** Основная функция данного вида каналов – подача воды от источника водоснабжения к городам, поселкам, предприятиям или обводнение территорий для сельскохозяйственного водоснабжения.

**Осушительные или дренажные каналы.** Задача этих каналов – «собирать» воду, которая поступает из осушительной или дренажной сети, и отводить ее в водозаборник или в озеро.

**Лесосплавные каналы.** Пропуск леса от мест лесозаготовок до лесосплавной реки или до лесопильного завода, иногда в обход гидросооружений, осуществляется именно посредством лесосплавных каналов.

**Рыбоводные каналы.** Устраиваются для соединения с рекой искусственных нерестилищ. Обычно расположены между рыбоводными прудами и рекой.

**Судоходные каналы.** К данному виду относятся:

– соединительные судоходные каналы: устраиваются между судоходными реками, озерами и морями;

– обходные судоходные каналы: служат для обхода каких либо препятствий на основном водном пути. В качестве препятствий обычно выступают пороги или водопады. Также используются для обхода озер, по которым не могут плавать речные суда слабых конструкций, не обладающие способностью к озерному плаванию. В число обходных каналов входят также деривационные судоходные каналы. Эти канала «спрямляют» судовой ход и боковые каналы, которые, в свою очередь, устраиваются в долинах малых рек, если присутствуют извилистые русла, не пригодные для судоходства.

– подходные судоходные каналы: устраиваются на внутренних водных путях сообщения для подхода судов из реки, озера или транзитного судоходного канала к промышленному предприятию или населенному пункту. В свою очередь морские подходные каналы, которые чаще всего представляют собой подводную выемку, создаются для обеспечения прохода морских судов в акватории портов, расположенных в устьях рек. Иногда морские подходные каналы прокладываются по суше.

Подвижной состав водного транспорта делится на подвижной состав морского транспорта и на подвижной состав речного транспорта.

### 3.2. Подвижной состав водного транспорта

В водном транспорте принято разделение на глубоководное (океанское, морское) судоходство и внутреннее (речное). Главное преимущество водного транспорта – это способность перевозить очень крупные грузы. При этом используются два типа судов: глубоководные (нуждаются в портах с глубоководными акваториями) и дизельные баржи (обладают большей гибкостью).

#### **Внутренний водный (речной) транспорт**

Речной транспорт – один из старейших в стране; он имеет особое значение для северных и восточных районов, где низка плотность железных и автомобильных дорог или же они вообще отсутствуют. В этих регионах доля речного транспорта в общем грузообороте составляет 60–90 %. Хозяйство речного флота России насчитывает 178 акционерных обществ открытого типа, в том числе 27 пароходств, 50 портов, 46 судоремонтных и судостроительных предприятий и др.

96 предприятий находятся в государственном подчинении, из них 27 – госпредприятия, 17 – госучреждения, 14 – судоходные инспекции, 14 – инспекции Речного Регистра, 24 – учебные заведения. Всего на 01.01.2000 г. имели лицензии 2062 субъекта, из них 296 (14,4 %) – частные предприниматели и 1766 (85,6 %) – юридические лица. Общее

количество речных судов – более 12 тыс., но примерно 35 % из них – отслужившие свой срок.

Четырнадцать портов речного транспорта принимают иностранные суда.

Типичными грузами для перевозки по внутренним водным путям являются руда, минеральное сырье, цемент, зерно и некоторые другие сельскохозяйственные продукты. Возможности транспорта ограничены не только его привязкой к судоходным рекам и каналам, но и зависимостью от мощностей для погрузки-разгрузки и хранения таких насыпных грузов, а также растущей конкуренцией со стороны железных дорог, обслуживающих параллельные дороги.

Классификация подвижного состава речного транспорта представлена на рис. 1.

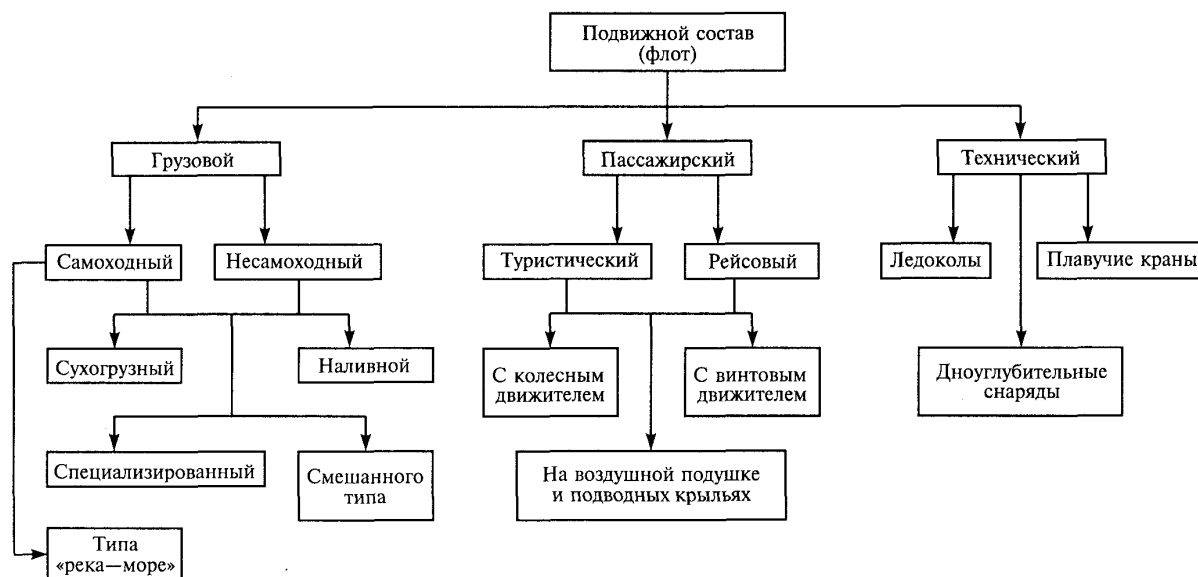


Рис. 1. Классификация подвижного состава речного транспорта

Основные технико-эксплуатационные особенности и достоинства речного транспорта:

– высокая провозная способность глубоководных путей (например, на Волге при глубине фарватера 120–140 см провозная способность в 2 раза выше, чем на двухпутной железной дороге);

– сравнительно низкая себестоимость (суммарно на 30 % дешевле себестоимости железнодорожного транспорта, но перевозка нефти в 3 раза дешевле, леса – в 5 раз дешевле);

– удельный расход топлива в 4 раза меньше, чем на автомобильном транспорте, и в 15–20 раз меньше, чем на воздушном транспорте;

– высокая производительность;

– меньшие капиталовложения, чем в железнодорожный транспорт (в 10 раз);

– меньшая металлоемкость на 1 т грузоподъемности.

Относительные недостатки речного транспорта:

– сезонность работы (на юге – примерно 240 дней из-за обмеления рек, на севере – 120–150 дней из-за ледостава). В США, Германии удельный вес речного транспорта выше, так как в этих странах навигация длится 10–11 месяцев в году;

– невысокая скорость судов и доставки грузов;

– разобщенность речных бассейнов, расположенных в основном в меридиональном направлении;

– использование рек в естественном состоянии (неравномерность глубин, извилистость пути и др.).

Суточная работа на нашем речном транспорте в 1,5 раза больше, чем в США и Германии (например, объем работ в Германии примерно равен объему работ Волжского пароходства). В России количество пристаней и речных портов в 30 раз меньше, чем в США и Германии, а на реках Сибири их вообще единицы. Восточный бассейн (реки Западной и Восточной Сибири, Дальнего Востока: Обь, Иртыш, Лена и Амур) имеет сложившуюся опорную сеть перевалочных узлов с давних времен.

### **Морской транспорт**

Морской транспорт – вид транспорта, осуществляющий перевозку грузов и пассажиров морскими судами на международных и внутренних (каботажных) линиях. Территория нашей страны омывается более чем десятью морями и имеет непосредственный выход в три океана.

Морской транспорт используется в основном как межконтинентальный для международных перевозок массовых навалочных и наливных грузов и контейнеров. В пассажирских перевозках он имеет ограниченное значение и используется, прежде всего, как круизный.

На 01.01.1999 г. в состав морского транспорта России входило 162 госпредприятия и акционерных общества, в том числе 10 судоходных акционерных компаний, 10 портов, 11 судоремонтных заводов и три вуза.

Россия входит в десятку крупнейших морских стран мира по количеству судов (на первом месте Япония, затем Панама, Греция, Либерия, Китай, Кипр и Россия). На международном рынке перевозок генеральных (основных) грузов существует Фрахтовая Международная Конференция – монополярная организация, в которую входят около 300 судовладельческих конференций. Она контролирует 500 направлений и 90 % грузовладельцев. На морском транспорте работает приблизительно 30 тыс. экспедиторских компаний.



Основные технико-эксплуатационные особенности и достоинства морского транспорта:

- возможность обеспечения массовых межконтинентальных перевозок внешнеторгового оборота;
- небольшие первоначальные вложения в транспортные пути;
- низкая себестоимость перевозки;
- незначительные затраты энергии(топлива) благодаря гладкости пути;
- высокая производительность;
- практически неограниченная пропускная способность;
- высокий уровень механизации перегрузочных работ.

Относительные недостатки морского транспорта:

- довольно низкие скорости (измеряются в узлах);
- некоторая зависимость от климатических условий: сильных туманов, течений, ледоставов в устьях портов (навигация до 320 дней в году, на Северном морском пути – с февраля-марта по октябрь-ноябрь);
- необходимость создания дорогостоящих портовых хозяйств с высоким уровнем механизации;
- ограниченное применение в прямом сообщении;
- невысокая эффективность в малом каботаже;
- возможные экологические проблемы при перевалке грузов и обработке судов.

Максимальная грузопместимость определяется при максимальной осадке (в морской терминологии «дедвейт»). Для наливных судов максимальная грузопместимость равна 564,7 тыс. т в Японии и 150 тыс. т в России. В России она ограничена из-за мелководности, проливов Босфор и Дарданеллы (основные «ворота» России при заграничии), а за рубежом – из-за глубины Панамского канала. Важными характеристиками судна являются главные измерения (длина, ширина, высота борта, осадка) и вместимость – объем внутренних помещений, измеряемый регистровыми тоннами (1 регистровая тонна равна 2,83 м<sup>3</sup>).

Классификация подвижного состава морского транспорта представлена на рис. 2.

Сухогрузы составляют 2/3 флота и отличаются большим разнообразием конструкций и материалов, использованных для их изготовления, что связано с особенностью перевозимых грузов. Например, в зерновозах груз придавливается специальными крышками для предотвращения перетекания зерна на одну сторону; в рудовозах делают двойное дно, заполненное балластом для устранения поперечных колебаний; в танкерах для уменьшения коррозии корпус изготавливают из

нержавеющей стали, биметалла, используют различные покрытия. Наиболее сложны конструкции для перевозки химических грузов (30 % химикатов несовместимы друг с другом).



Рис. 2. Классификация подвижного состава морского транспорта

Пассажирские суда отличаются повышенной комфортабельностью. По используемой силовой установке суда подразделяются на турбоходы, теплоходы, газотурбоходы, дизельэлектроходы, парусники и атомоходы.

Многие морские суда построены с учетом возможности переработки грузов в процессе перевозки, что особенно важно, например, для сохранности улова рыбы, которую в пути следования консервируют, замораживают и перерабатывают в различные продукты. Перерабатываются также нефть (в бензин и масла) и другие грузы.

### 3.3. Речные, озерные и морские пути судоходства

Речные пути подразделяются в зависимости от глубины и пропускной способности на 7 классов и 4 основные группы: сверхмагистраль (1-й класс), магистраль (2-й класс), пути местного значения (4-й, 5-й классы), малые реки (6-й, 7-й классы). На речном транспорте существуют различные технические сооружения, обеспечивающие эффективность и безопасность работы. Это, прежде всего, шлюзы для перехода судов с одного уровня воды на другой, бакены – знаки для

обозначения опасностей на пути или ограждения фарватера, створы – знаки в виде башенных сооружений или столбов, устанавливаемые на линии фарватера для обозначения направления, мест поворотов и т.д., семафоры – мачты на берегу, посылающие разрешающие или запрещающие проход судов сигналы и др.

Технология работы речного транспорта:

– несамоходными баржами (методом толкания при расположении буксира сзади снижается сопротивление воды, что понижает стоимость перевозки на 20–25 %);

– секционными составами-тяжеловозами (6–8 барж) общей грузоподъемностью до 23 тыс. т;

– групповым методом работы на постоянных грузовых линиях с устойчивым грузопотоком по графику движения, с учетом мощности причалов и работы смежных видов транспорта. График особенно необходим на реках со шлюзовой организацией движения;

– на одном судне можно отправить грузы по одному или нескольким адресам.

Проблемы и тенденции развития речного транспорта: необходимо совершенствование единой системы внутренних путей России, что возможно при строительстве каналов и шлюзов. В XIX в. была построена Мариинская система с 39 шлюзами. В европейской части России существующие каналы общей протяженностью 19 тыс. км образовали единую глубоководную систему, связывающую Белое, Балтийское, Каспийское, Азовское и Черное моря. В ее состав вошли каналы: Брестско-Пинский протяженностью 2200 км, Волго-Балтийский – 362 км (построен в конце XIX в. и реконструирован для шлюзования большетоннажных судов в 1964 г.), Волго-Донской – 106 км (строительство началось при Петре I), Беломорско-Балтийский – 222 км, им. Москвы (1932–1937) – 128 км (11 шлюзов, 10 водохранилищ, ресурс пресной воды для Москвы). Эта система осваивает половину грузооборота речного транспорта.

Система внутренних путей имеет оборонное значение: связь юга страны с севером (путь через европейскую водную систему из Одессы в Санкт-Петербург) составляет 8800 км, а по внутренним путям – 4500 км.

Необходимо углубление фарватера для прохода судов большей грузоподъемности и продления сроков навигации; развитие системы судов-ролкеров («Ро-Ро») горизонтальной погрузки, судов типа «река – море», появившихся еще в 1930-е гг. при создании крупных водохранилищ с более сложным ветроволновым режимом; секционных судов (они экономичнее большегруза той же грузоподъемности при упрощенной системе перегрузки и переформируются в зависимости от

грузопотоков); судов-катамаранов (мелкосидящие суда типа «Заря» с осадкой 0,45 м при пассажироместимости 86 человек и скорости 40 км/ч при посадке-высадке на необорудованный берег; запатентованы во всех ведущих странах мира); судов на воздушной подушке и подводных крыльях, развивающих скорость до 105 км/ч; ледоколов и судов с усиленными корпусами для полярных условий; лихтеров (в 1969 г. в Финляндии реализован проект лихтерного причала, осуществляющего перегрузку при занятости основных причальных линий порта); увеличение грузоподъемности судов (себестоимость снижается на 25–30 %); повышение комфортабельности пассажирских судов; создание автоматизированных комплексов для перегрузочных работ; реконструкция имеющихся портов (Темрюк, Ейск, Ростов, Азов, Архангельск, Мурманск и др.); создание судов-доков для перевозки тяжеловесных крупногабаритных грузов и для завоза грузов в места Арктического бассейна, не имеющие перегрузочной техники, и многое другое.

Совершенствование системы «река-море» имеет особое значение для дальнейшего развития речного транспорта, так как позволяет использовать суда после закрытия речной навигации на морских незамерзающих участках, что дает увеличение объемов работ и производительности, сохраняет команду в межсезонье. Суда типа «река-море» охотно фрахтуются зарубежными фирмами.

Понятие «путь сообщения» на морском транспорте специфично – это морские линии (линейное судоходство), определенные, заранее установленные направления, используемые для проходимости судов.

Технология работы морского транспорта:

- линейная – закрепление судов за определенными портами и работа по стабильному расписанию, что позволяет использовать суда более экономично, обеспечивает стабильность загрузки, возможность оптимизации маршрутов движения и перегрузочных работ;
- рейсовая (трамповая) – суда работают по времени, согласованному с заказчиками;
- фрахт – разовые сдачи в наем для отдельных перевозок во внешней торговле без перехода права собственности. Применяется часто для перевозок грузов третьих стран.

Технология погрузочно-разгрузочных работ отличается тем, что зачастую при нехватке мощности или глубины портов перегрузку приходится производить в акватории порта:

– у береговых причалов, оборудованных стационарными швартовочными устройствами, плавучими причалами (понтонными), дебаркадерами (набережными, вынесенными на сваях в акваторию порта);

– у рейдов, т.е. причалов на якорях, прочно закрепленных в акватории порта;

– у мест якорной стоянки судов.

Проблемы развития морского транспорта: повышение скорости судов; создание новых и модернизация старых типов подвижного состава; развитие системы «река-море», «Ро-Ро», паромных переправ, постройка лихтеровозов, контейнеровозов и других специализированных судов; внедрение новых силовых установок; совершенствование навигационных систем управления (до 30 % аварий происходит из-за их несовершенства); строительство плавучих причалов, глубоководных портов для безопасной приемки и обработки крупнотоннажных судов; расширение ледокольного парка; строительство трубопроводов в акватории портов; увеличение грузоподъемности кранов (в России максимальная грузоподъемность у крана «Витязь» – 1600 т, в Японии используются краны грузоподъемностью до 3000 т) и др.

Контейнеры в 5–8 раз ускоряют перевалку грузов, так как норма перегрузки 20-тонного контейнера – 1,5 мин при механизированной перегрузке большегрузными портовыми кранами, т.е. за один час можно переработать 800 т груза, на что при использовании другой тары необходимо 75 ч. Производительность труда на погрузке-разгрузке повышается в 10–15 раз. За рубежом 50 % тарно-штучных грузов возят в контейнерах. Контейнеровозы можно конструировать на 5000 единиц, но время перегрузки снижает эффект от контейнеризации. В судах типа «Ро-Ро» для ускорения перегрузки используют самоходную технику или грузовые лифты для вертикального перемещения грузов.

### Контрольные вопросы

1. Охарактеризуйте виды каналов водных путей сообщения.
2. Дайте характеристику речного транспорта.
3. Рассмотрите классификацию подвижного состава речного транспорта.
4. Дайте характеристику подвижного состава морского транспорта.
5. Рассмотрите основные технико-эксплуатационные особенности и достоинства речного транспорта.
6. Охарактеризуйте основные технико-эксплуатационные особенности и достоинства морского транспорта.
7. Представьте классификацию подвижного состава морского транспорта.
8. Раскройте особенности речных, озерных и морских путей судоходства.
9. Обозначьте проблемы развития морского и речного транспорта.

## 4. СУХОПУТНЫЕ ПУТИ СООБЩЕНИЯ

### 4.1. Проложение сухопутных сообщений

**Дороги** являются сухопутными путями сообщения. Дороги удобны для передвижения, они должны иметь определенную ширину, уклон не более известной нормы, достаточно твердое полотно, должны быть защищены от снежных заносов, затоплений, иметь на реках мосты и переправы и пр. Из дорог наименее совершенны тропы в горах, лесах и пр.; за ними следуют дороги, доступные вьючным животным (вьючные дороги), затем проезжие или колесные дороги (грунтовые, шоссейные дороги) и, наконец, железные дороги.

Дороги представляют общее наименование всех разновидностей наземных путей сообщения, предназначенных для передвижения людей, транспорта и грузов.

Сеть дорог для регулярных сообщений складывалась в Евразии в 5-м тысячелетии до н. э. Обычно древнейшие дороги, как и большинство дорог 2-1-го тысячелетия до н.э., покрытий не имели. Основная дорожная сеть стабилизировалась в Евразии в 1-м тысячелетии до н.э. Эта дорожная сеть послужила основой для таких трансконтинентальных путей обмена и торговли, как Великий шёлковый путь, дороги Арабского халифата, которые достигали Скандинавии. На Американском материке расцвет дорожного строительства происходит в первой половине 1-го тысячелетия до н.э., когда в державе инков создаются мощённые и прорубленные в скалах дороги. Формирование дорожной сети оказало воздействие на планировку поселений: от нерегулярной застройки, типичной для древнеземледельческих поселений, уже во 2-м тысячелетии до н.э. на юге Евразии намечается переход к устойчивым принципам планировок посёлков и городов с учётом возможности передвижения транспорта по улицам. На местах пересечения крупных дорог и вдоль них возникают большие поселения.

Для древних путей сообщения характерно сочетание речных и морских перевозок с наземными перевозками. Таковы крупные дороги обмена, сложившиеся в конце 3-го тысячелетия до н.э.: «янтарный путь», пересекавший всю Среднюю Европу, «оловянный путь» от полуострова Корнуолл в Англии к странам Средиземноморья. Роль сухопутных передвижений повышается по мере усиления обмена и регулярных культурных контактов. Так, на Ближнем Востоке и в пределах Средней Азии выявляются следы так называемого лазуритового пути, по которому ляпис-лазурь Бадахшанских месторождений распространялась по значительной части Западной Азии начиная с 4-го тысячеле-

тия до н.э. У хеттов и ассирийцев в периоды расцвета государств и крупных завоевательных походов строятся дороги значительной протяжённости, часто с каменными покрытиями. Возникнув на месте древних караванных путей, эти дороги, в свою очередь, вошли в состав дорожной сети державы Ахеменидов в VI–IV вв. до н.э. Из ахеменидских дорог особо известна «царская», шедшая от Эфеса до Суз и Сард. Дорога имела каменное покрытие, дорожные столбы с указанием расстояний, станции с гостиницами и прочее. По образцу этой дороги в конце IV в. до н. э. была построена Аппиева дорога от Рима до Капуи и Брундизиума, положившая начало активному строительству римских торговых и военных дорог. Римлянами была создана сеть дорог, пересекавших Западную Европу. Сеть римских дорог состояла из 372 больших дорог, 29 из которых оканчивались у Рима.

На территории Древней Руси в VIII–X вв. н.э. Киевское государство имело несколько торговых путей (главным образом водных), связывавших Киев с Крымом и устьем Дона. С ростом Русского государства формировалась сеть дорог от Москвы к окраинам.

Конец XVIII и начало XIX в. во всех странах характеризовались интенсивным строительством шоссе – дорог с твёрдым, главным образом щебёночным, покрытием. Толщина дорожной одежды уменьшилась от 1 м до 0,24–0,27 м. Создание автомобиля предъявило новые требования к дорогам. Щебёночные дорожные одежды не могли выдержать интенсивного движения автомобилей, и с 20-х гг. XX в. началось широкое строительство автомобильных дорог и автомобильных магистралей с асфальтовым покрытием.

Рост дорожной сети повлёк за собой развитие дорожного машиностроения и производство новых дорожно-строительных материалов. Современные городские дороги, а также дороги, соединяющие города и отдельные государства, представляют собой комплексы инженерных сооружений, обеспечивающие высокие скорости движения, допускающие большую грузоподъёмность транспортных средств и не имеющие, как правило, пересечений на одном уровне.

К 20-м гг. XIX в. относится строительство в Великобритании первой железной дороги общего пользования. В России строительство первой такой железной дороги (Петербург–Царское Село) было закончено в 1837 г.

Развитие больших городов с огромной протяжённостью транспортных магистралей, затруднённая наземных автомобильных сообщений приводят к развитию подземных рельсовых дорог – метрополитенов и наземных монорельсовых дорог.

В России строительство дорог первоначально развивалось несколькими, отличными от Запада, путями в связи с недостатком легкодоступных для разработки каменных материалов. Основными источниками получения камня были трудоемкий сбор на полях валунов и разработка гравия в ледниковых отложениях. Несмотря на значительную протяженность дорог (во второй половине XVIII в. только сеть почтовых путей из Москвы достигала 16–17 тыс. км) и большие потребности в совершенствовании условий перевозок, техника дорожного строительства в России длительное время ограничивалась осушением дорожной полосы и укреплением труднопроезжаемых мест деревянными материалами.

В 1870 г. было опубликовано первое предложение о методике расчета толщины дорожной одежды. Широкое развитие получает использование в строительстве щебеночных покрытий. Исходя из представлений о передаче в щебеночном покрытии давления от частицы к частице, Е. Головачев пришел к выводу, что «давление колеса, прилагаемое к покрытию через малую прямоугольную площадку, распространяется в слое щебня под углом естественного откоса...».

Расширение круга материалов, используемых в щебеночных покрытиях, трудности получения каменных материалов для дорожных покрытий заставили русских инженеров с первых дней развертывания дорожного строительства обратить на этот факт особое внимание. В нижних слоях щебеночных одежд сразу начали применять гравий.

В 1832 г. инженер Рихтер предложил использовать в дорожной одежде искусственные материалы – «кирпич-железняк, сожженный до совершенного стеклования». Это предложение было реализовано в 1847 г. инженером А.И. Дельвигом, построившим в Нижнем Новгороде опытные участки шоссе из искусственного кирпичного щебня, чугуновой руды и болотной железной руды потому что «во многих местах нет камня, в других он доходит уже до цены невероятной». Построенные дороги без значительных повреждений пропускали обозы на Нижегородскую ярмарку с тяжелыми повозками с грузом 150–200 пудов.

В XIX в. делали ряд попыток повышения связности щебеночных покрытий с использованием вяжущих материалов. Вскоре появились зачатки усовершенствованных дорожных покрытий. В России в 1833 г. механик Портнов предложил готовить кирпичи и плиты из твердого «смоляного цемента», который «составляется следующим образом: в один пуд растопленного пека или черной твердой смолы всыпается три пуда мелко просеянной кирпичной мелочи, которая мешается до совершенного соединения всей массы».



В 1838 г. подполковник М.С. Волков описал применение асфальта при постройке тротуара на мосту через р. Рону в Лионе и попытку использования в Париже вместо естественного асфальта искусственного, приготовляемого на основе остатков от перегонки каменного угля. На основе этого опыта он предложил укреплять щебеночные покрытия путем пропитки мастикой, приготовляемой из смолы, которая, проникая в швы россыпи, должна ее связывать, давая тем самым возможность снизить толщину слоя щебня. По сути, это была рекомендация широко распространенного перед второй мировой войной метода пропитки. В России, поскольку месторождения природных асфальтов были открыты и начали разрабатываться позднее, первые попытки устройства усовершенствованных покрытий были сделаны с каменноугольным дегтем.

Во второй половине XIX в. начали получать распространение дорожные покрытия из природных асфальтовых горных пород.

В странах Западной Европы возобновление дорожного строительства первое время шло по пути подражания конструкциям римских дорог. Однако невозможность использования для дорожного строительства, как в Древнем Риме, дешевой рабочей силы и необходимость ее замены трудом только местного населения, привлекаемого к дорожным работам в порядке обязательной дорожной повинности или за плату, вынуждали облегчать конструкции дорожных одежд на магистральных дорогах, оставляя местные дороги практически без какого-либо улучшения и содержания.

Первые попытки улучшения дорог были описаны в опубликованном в 1607 г. в Лондоне трактате Томаса Проктера «Полезные для всего королевства важные работы по ремонту всех дорог...». Автор отмечал: «Как показывает повседневный опыт, главная причина плохих и грязных дорог – это то, что дождевая или всякая иная вода, задерживающаяся на неправильно построенной дороге, при проезде колес проникает глубже в дорогу и все более и более размягчает и разрушает ее». Для предотвращения этого предлагалось отрывать сбоку от дороги канаву глубиной 3 фута (0,9 м) и шириной 4 фута (1,2 м), распределяя вынутую землю по ширине дороги слоем средней толщиной в один ярд (0,91 м), причем в середине на 2 фута выше, чем по краям. При этом ширина дороги должна быть достаточна для разъезда двух повозок. При слабых грунтах на дороге предлагалось устраивать одежду из гравия, камня, шлака, железной руды, обрубков дерева или вязанок хвороста, уложенных в деревянные рамы из бревен длиной 18 футов и окружностью 10–14 дюймов, скрепленных между собой

деревянными нагелями. Сверху это основание следовало засыпать слоем гравия, крупного песка или щебня.

Существовали также и другие конструкции дорожных одежд, созданных разными авторами. Технология строительства изменялась практически каждым последующим поколением как в связи с накоплением опыта, так и изменением предъявляемых требований.

К концу XVIII в. при проложении трассы на местности начали применять некоторые геодезические инструменты. Астролябия с буссолью появилась в XVI в., уровень с воздушным пузырьком был изобретен в 1661 г. На его основе в 1680 г. был предложен нивелир. При трассировании применяли уклономеры.

XVIII в. характеризовался попытками точного учета свойств грунтов в строительстве. Это отмечал М.В. Ломоносов в написанном в 1757–1759 гг. трактате «О слоях земных», указывая, что «строитель внимает твердости земли во рвах для основания». Он классифицировал грунты по составу и свойствам, деля их на чернозем, «глину разных родов», «сродной глинам ил или тину». Учитывалась крупность грунтовых частиц: «из воды, отделяющиеся земляные иловатые частицы», пески, «которые в рассуждения величины зерен разнятся бесконечно, хрящ и бечевник – «превосходящие крупностью с горох камешки».

В рассматриваемый период времени начали получать распространение мостовые, по конструкции почти не отличавшиеся от современных мостовых. Предъявлялись определенные требования к их качеству. Колотый булыжный камень должен был иметь размеры 7–8 дюймов и суживающуюся вниз клинообразную форму. Требовалась перевязка швов, «чтобы в продольном направлении не было совпадающих швов, которые колеса повозок могли бы раздвигать». В основание укладывали слои песка толщиной от 6 до 8 дюймов желательного речного и гравелистого, а не карьерного, который очень пылеват.

В конце XVIII в. наибольшее распространение получили дорожные одежды на основании из пакеляжа – камней, устанавливаемых широкой стороной на грунтовое или песчаное основание и расклиниваемых. Песчаное основание в дальнейшем начали заменять щебнем «крупностью в орех из камня твердых пород», щебень распределяли слоем толщиной 8 см. Однако дорожные одежды на пакеляжных основаниях не удовлетворяли требованиям механизированного строительства. Опыт эксплуатации таких одежд показал, что они не выдерживали движения тяжелых автомобилей, многократные проходы которых сосредоточивались на узкой полосе наката и вызывали продольные

просадки покрытий. Трезаге П. снизил толщину дорожных одежд по оси с 50 см до 24–27 см.

Дорожную одежду устраивали в вырытом в земляном полотне корыте, выпуклое дно которого имело средний поперечный уклон около 60‰. При связных грунтах это способствовало частичному стоку просочившейся через дорожную одежду воды, а также позволяло придать дорожной одежде постоянную толщину по всей ширине проезжей части. Не меньшее значение имела выпуклость дна корыта для более экономного расходования каменного материала. Нижний слой (основание) дорожной одежды толщиной 10 дюймов устраивали из установленных на ребро, на дно корыта камней, так чтобы ни один камень не возвышался над другим. Камни трамбовали ручной трамбовкой.

Поверх них укладывали слой толщиной 8–10 см менее крупных камней, которые дробили на месте и уплотняли трамбованием. Частично проникая в промежутки между камнями, они расклинивали крупные камни. Сверху укладывали 10 см гравия.

Следующий этап развития техники дорожного строительства – переход к дорожным одеждам только из щебня, к так называемому «щебеночному шоссе», которое обычно связывают с именем шотландского дорожника Дж. Мак-Адама.

Метод Мак-Адама получил широкое распространение потому, что был прост, дешев и отвечал требованиям времени. Начав с 1806 г. брать подряды на дорожное строительство, Дж. Мак-Адам разработал собственную систему постройки и ремонта дорог и, приняв на себя в 1816 г. заведование трестом Бристольского округа, наибольшего в Англии, начал энергично внедрять эту систему в практику. Предложенные им методы содержания дорог оказались весьма эффективными и экономичными.

Сущность идей Мак-Адама сводится к следующему:

1. Прочность дороги обеспечивается грунтовым основанием. До тех пор не удастся строить дороги, не подверженные влиянию сезонных и погодных факторов, «пока не будут полностью осознаны, признаны и проведены в жизнь следующие принципы, а именно, что нагрузка от движения фактически воспринимается естественным грунтом... этот естественный грунт должен быть предварительно осушен».

2. Роль дорожной одежды сводится в основном к предохранению подстилающего грунта от размывания. «Опыт показывает, что, если вода проникает через дорогу и насыщает естественный грунт, одежда дороги... разрушается на куски». Мак-Адам полагал, что для любой нагрузки достаточна толщина одежды 10 дюймов в плотном теле.

3. Дорожная одежда должна возвышаться над поверхностью земли и не быть уложенной в отрытом в ней корыте. «Первым действием при постройке дороги должен быть отказ от отрывания корыта. Дорожная одежда не должна быть погружена ниже уровня окружающего грунта.... Это может быть достигнуто или путем устройства дрена для понижения уровня воды или, если это неосуществимо в связи с особенностями местности, грунт должен быть приподнят на несколько дюймов над уровнем воды».

4. Дорожная одежда должна быть ровной, связной и водонепроницаемой.

5. Для устройства одежды следует применять одномерный чистый щебень или гравий. «Размер камней, используемых для дороги, должен быть пропорционален месту, занимаемому колесом обычных размеров на гладкой ровной поверхности. Каждая щебенка, уложенная в дорогу, которая в каком-либо измерении превысит эту величину, является вредной».

6. Прочность щебеночной коры, по мнению Дж. Мак-Адама, обеспечивается взаимной заклинкой щебенки. Поэтому дорожные одежды следует устраивать из чистого щебня. «Каждая дорога должна строиться из дробленого камня, без примеси земли, глины, мела или каких-либо других материалов, впитывающих воду и подверженных воздействию мороза. Не следует ничего добавлять к чистому щебню для придания связности. Щебень будет объединяться благодаря своей угловатости в гладкую плотную поверхность, на которую не влияют превратности погоды или смещающее воздействие колес, которые будут проходить по ней без подсакивания, не вызывая повреждений». Одежда должна быть однородной на всю толщину. «Единственное средство избежать движения камней в дороге – это использовать в ней до самого низа камни одинакового размера».

7. В период уплотнения движением каменного материала за дорогой необходим усиленный уход. «После укладки гравия на дорогу ежедневно нанимают рабочих для засыпки колес и одновременного удаления граблями с поверхности камней, слишком мягких или неправильной формы, вроде длинных кремней или слишком больших». При уплотнении щебеночной россыпи в основном проезде транспортных средств Дж. Мак-Адам отмечал, что «для первой осадки гравия с успехом можно применять тяжелый железный каток диаметром от 4 до 5 футов (1,2–1,5 м) не менее».

8. Поперечный уклон дороги должен быть не слишком крутым. «Я полагаю, что дорога, обеспечивая сток воды, должна быть возможно более плоской... Я обычно делаю дорогу в середине на 3 дюйма выше,

чем по краям, при ширине 18 футов. Если дорога сделана плоской, едущие не будут придерживаться только ее середины, как делают при чрезмерной выпуклости». В результате многократных попыток улучшения проезда по дорогам россыпью материалов на них образовались толстые слои каменной наброски. Эти слои разбирали и заменяли щебеночными покрытиями, для которых в стороне от дороги дробили удаленный с дороги крупный камень. Поэтому перестройка дорог по методу Мак-Адама, для которой не требовался новый камень, вытеснила трудоемкую и более дорогую перестройку дорог с устройством одежды по типу Т. Тельфорда.

Объем выполнявшихся работ ограничивался необходимым минимумом и поэтому Дж. Мак-Адам подчеркивал, что «на каждой дороге я был вынужден изменять способ работ в зависимости от местных условий, а часто от финансирования».

Обычно, в литературе искусственную укатку щебеночных одежд связывают с именем французского инженера Полонсо. Он применил в 1829 г. вместо трамбования щебеночной россыпи 20-килограммовой трамбовкой, «которая уплотняла только поверхность», укатку 3-тонным катком. Массу катка при последних проходах увеличивали до 4,5 т. Каток был сделан из дубовых брусьев, окованных железными обручами, диаметр вальца составлял 2,1 м, ширина – 1,6 м. Брусья имели в середине вогнутость, равную 3,2 см, предназначенную для того, чтобы при укатке формировалась цилиндрическая поверхность покрытия, а щебень не выжимался из-под катка в сторону. В боковых дисках катка были предусмотрены отверстия, через которые каток можно было заполнять гравием, увеличивая его массу песком с 1,2 до 6 т.

Расширению применения укатки способствовало появление паровых катков.

В Швейцарии в 1721 г. были открыты месторождения асфальтовых горных пород – известняков и песчаников, – пропитанных битумом. Их начали разрабатывать для приготовления мастики для гидроизоляционных работ. Вскоре было замечено, что упавшие на дорогу во время перевозки куски асфальтовой породы при уплотнении проездом образуют твердый однородный слой. Это навело на мысль о постройке асфальтовых покрытий. В дальнейшем начали устраивать асфальтовые покрытия, нагревая асфальтовый известняк в котлах до температуры 150–170 °С и добавляя к нему до 60 % просушенного речного песка. Получаемую пластичную смесь разравнивали по прочному каменному основанию и уплотняли трамбованием. Международную известность получили первые покрытия, уложенные в Париже на площади Согласия и на террасе Зимнего Дворца в Петербурге.

В США первое асфальтовое покрытие было уложено в 1871 г. из привезенного из Европы материала. В дальнейшем начали использовать местные асфальтовые породы, содержащие больший процент битума, добавляя к ним, кроме песка, каменную муку. Для уплотнения горячей смеси использовали катки. Покрытия из трамбованного и укатанного асфальта начали получать распространение на улицах больших городов.

Началом систематического строительства усовершенствованных покрытий следует считать быстро распространявшуюся укладку на улицах столичных городов покрытий из «трамбованного асфальта» – щебня из природных асфальтовых пород, который разогревали в котлах и уплотняли трамбованием после разравнивания на прочном каменном основании. В 1913 г. в Европе впервые была применена заимствованная в США укатка «асфальтовой массы». Покрытия получили название «укатанного асфальта».

В конце XIX в. произошло событие, внесшее революционное изменение в технику транспорта, – появление автомобиля – самоходной повозки с двигателем внутреннего сгорания.

Плохие дороги не являлись препятствием для автомобилизации. Однако развитие автомобильного производства ставило в разных странах перед их конструкторами и дорожной службой различные задачи. В Западной Европе, где уже имелась густая сеть дорог с твердыми дорожными одеждами, встала задача учета при содержании дорог требований движения автомобилей с высокими скоростями. В странах с редкой дорожной сетью и преобладанием грунтовых дорог – в России и США – возникла проблема обеспечения проезда по дорогам и приспособления автомобилей к состоянию этих дорог.

Первое направление привело к развитию техники строительства усовершенствованных покрытий, второе – к появлению методов механизированного строительства грунтовых дорог как временного способа пропуска движения малой интенсивности. Массовое производство автомобилей дало толчок дорожному строительству. В США оно развернулось в 20-е годы прошлого века, когда число автомобилей превысило 10,5 млн, а дороги с твердыми одеждами составляли лишь 12 % от их общей протяженности.

## 4.2. Поперечные профили железной и автомобильной дорог

Поперечным профилем дороги называется изображение в уменьшенном масштабе сечения дороги вертикальной плоскостью, проведенной перпендикулярно к оси автомобильной дороги (рис. 3). Важными

составными частями поперечного профиля являются конструкция земляного полотна совместно с системой водоотвода и дорожная одежда. Земляное полотно служит основанием для дорожной одежды. Оно должно быть прочным, устойчивым, выдерживать нагрузки от подвижного состава, противодействовать природным факторам, обеспечивать безопасность движения.

Верхняя часть земляного полотна на участках проезжей части и обочин должна иметь поперечный уклон для быстрого сброса воды. Поперечный профиль дороги может быть двухскатным – с уклонами, симметрично нисходящими от оси дороги к бровкам земляного полотна, и односкатным – с уклоном, нисходящим от одной бровки земляного полотна к другой.

Все размеры элементов поперечного профиля привязаны к оси дороги.

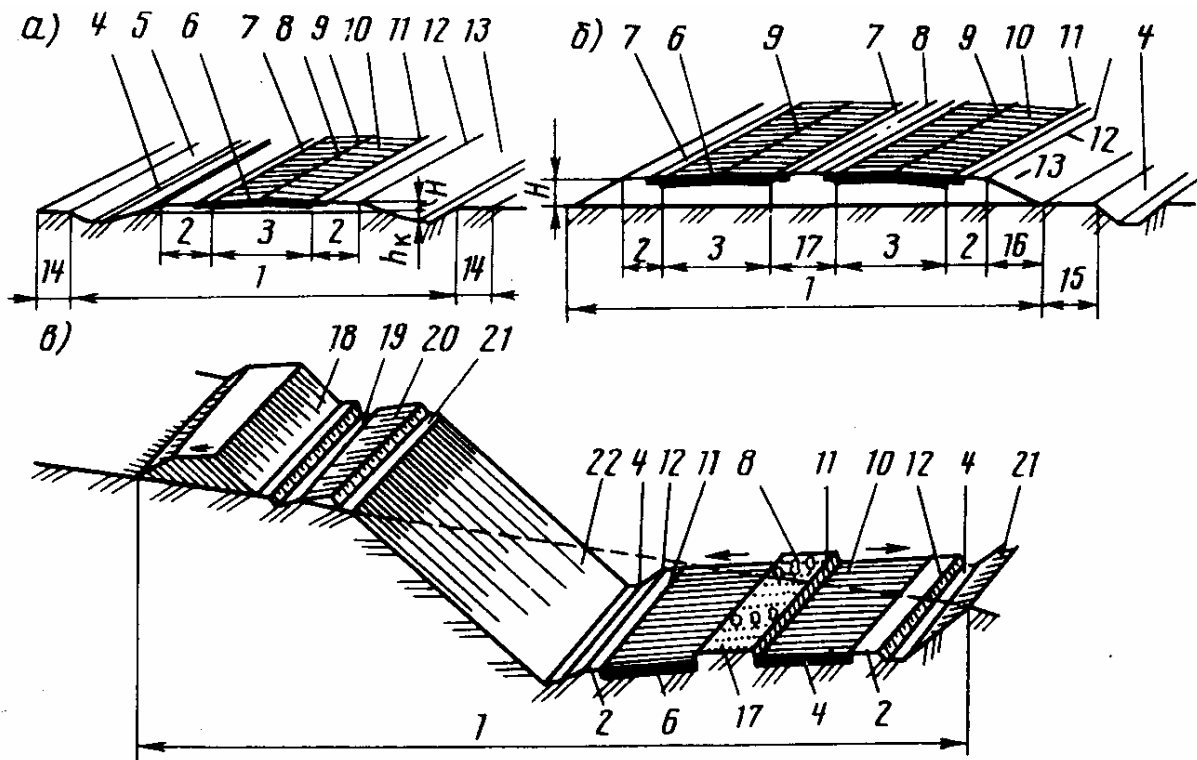


Рис. 3. Элементы поперечного профиля автомобильной дороги в насыпи и в выемке:

а – насыпь с одной проезжей частью; б – насыпь с двумя проезжими частями и разделительной полосой; в – выемка на косогоре;

1 – земляное полотно; 2 – обочина; 3 – проезжая часть; 4 – боковая канава; 5 – внешний откос канавы; 6 – дорожная одежда; 7 – краевая полоса; 8 – ось автомобильной дороги; 9 – ось проезжей части; 10 – полоса движения; 11 – кромка проезжей части; 12 – бровка земляного полотна; 13 – откос насыпи; 14 – обрез; 15 – берма; 16 – подошва откоса; 17 – разделительная полоса; 18 – кавальер; 19 – нагорная канава; 20 – банкет; 21 – бровка откоса выемки; 22 – внешний откос выемки;  $H$  – высота насыпи;

$h_k$  – глубина боковой канавы

Ось автомобильной дороги – условная линия, проходящая по середине проезжей части или разделительной полосе (для автомобильных дорог I категории).

Проезжая часть – основной элемент дороги, по которой непосредственно происходит движение транспортных средств. В зависимости от интенсивности движения проезжая часть может быть одно-, двух-, трех- и многополосной. Ширина проезжей части измеряется между кромками покрытия. Она зависит от категории дороги и числа полос движения и принимается согласно СНиП 2.05.02–85 «Автомобильные дороги».

Кромка проезжей части представляет собой продольную линию, отделяющую проезжую часть от обочины. Продольная полоса проезжей части, по которой происходит движение транспортных средств в один ряд, представляет собой полосу движения. Ширина полосы движения устанавливается по СНиПу и составляет от 3 до 3,75 м.

Вдоль проезжей части на обочинах и разделительных полосах устраивают краевые полосы, повышающие прочность края дорожной одежды и улучшающие безопасность движения. Ширина краевой полосы от 0,5 до 0,75 м.

Для разделения двух смежных проезжих частей дороги или двух противоположных направлений движения устраивают разделительную полосу.

Обочина – боковая полоса земляного полотна с каждой стороны между его бровкой и кромкой проезжей части. Обочина предназначена для предохранения краев дорожной одежды от разрушения, вынужденной остановки автомобиля в случае неисправности, размещения остановочных полос, барьерных ограждений, средств сигнализации. Обочины могут быть устроены без специальной обработки или укреплены местными материалами (щебнем, гравием, шлаком). Ширина обочины составляет от 1,75 до 3,75 м.

Линия сопряжения поверхности откоса и обочины называется *бровкой* земляного полотна. По этой линии можно установить высоту насыпи или глубину выемки по отношению к поверхности земли. *Высота насыпи* – расстояние, измеренное по оси дороги от поверхности земли до линии бровки земляного полотна. Глубина выемки определяется так же, как и высота насыпи. В продольном профиле высота насыпи или глубина выемки называются рабочими отметками (рис. 4).

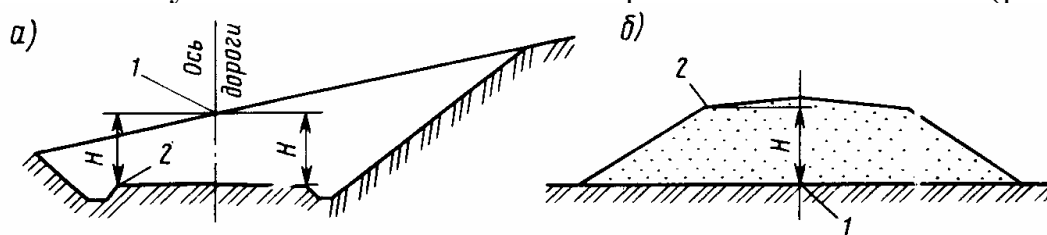


Рис. 4. Рабочая отметка земляного полотна:

а – в выемке; б – в насыпи;

1 – отметка земли; 2 – отметка бровки земляного полотна



Ширина земляного полотна – расстояние между бровками земляного полотна. Оно включает в себя проезжую часть и две обочины, а для I категории дорог добавляется еще разделительная полоса.

Основные параметры элементов поперечного профиля проезжей части и земляного полотна автомобильных дорог согласно ГОСТ Р 52398 приведены в табл. 2.

Таблица 2

Основные параметры элементов поперечного профиля проезжей части и земляного полотна автомобильных дорог

Параметры элементов дорог	Автом агистр аль	Скоро стная дорога	Автомобильные дороги обычного типа (нескоростная дорога) категории					
	IA	IB	IB	II	III	IV	V	VI
Общее число полос движения, шт.	4 и более	4 и более	4 и более	4	2	2	2	1
Ширина полосы движения, м	3,75	3,75	3,75	3,5	3,75	3,5	3,0	4,5
Ширина обочины, м	3,75	3,75	3,75	3,0	3,0	2,5	2,0	1,75
Ширина краевой полосы у обочины, м	0,75	0,75	0,75	0,5	0,5	0,5	0,5	-
Ширина укрепленной части обочины, м	2,5	2,5	2,5	2,0	2,0	1,5	1,0	-
Наименьшая ширина центральной разделительной полосы без дорожных ограждений, м	6,0	6,0	5,0	5,0	-			
Наименьшая ширина центральной разделительной полосы с ограждением по оси дороги, м	2 м + ширина ограждения							
Ширина краевой полосы безопасности у разделительной полосы, м	1,0							

П р и м е ч а н и я :

1. Ширина полосы безопасности входит в ширину разделительной полосы, а ширина краевой полосы – в обочину.

2. Ширину обочин на особо трудных участках горной местности, участках, проходящих по особо ценным земельным угодиям, а также с переходно-скоростными полосами и с дополнительными полосами на подъем при соответствующем технико-экономическом обосновании с разработкой мероприятий по организации и безопасности движения допускается уменьшать до 1,5 м для автомобильных дорог категорий IB, IB и II и до 1,0 м – для дорог остальных категорий.

3. Ограждения на обочинах дорог располагают на расстоянии не менее 0,50 м и не более 0,85 м от бровки земляного полотна в зависимости от жесткости конструкции дорожных ограждений.

Боковые наклонные поверхности земляного полотна называются откосами, которые заканчиваются боковыми канавами. Пологие откосы позволяют съезд транспортного средства с дороги без опрокидывания в случае аварийной ситуации. Боковые канавы проходят вдоль земляного полотна и предназначены для сбора и отвода поверхностных вод, стекающих с проезжей части и земляного полотна. Разновидностью канав являются боковые резервы – неглубокие выработки вдоль дороги, из которых грунт используется для отсыпки насыпи. Боковые резервы устраивают с одной или двух сторон от дороги.

На участках, где автомобильная дорога проходит по косоугору, в насыпи или в выемке, необходимо с нагорной стороны дороги предусмотреть нагорную канаву для перехвата стекающей по склону воды и отвода ее от дороги.

Банкет представляет собой вал треугольной формы, отсыпанный из грунта нагорной канавы, вдоль верхней бровки выемки. Банкет предназначен для удержания воды в случае переполнения нагорной канавы.

Участок местности, расположенный за пределами земляного полотна и предназначенный для размещения линейных зданий, запасных и объездных путей, зеленых насаждений, называется обрезом дороги. Минимальная ширина обреза 1 м.

Берма – узкая полоса (площадка) от основания насыпи до боковой канавы, прерывающая линию откосов земляного полотна при большой их длине и крутизне в целях защиты откосов от возможного оползания под собственным весом. В тех случаях, когда грунт из выемки непригоден для устройства насыпи, излишки его складывают в стороне от дороги в кавальер, представляющий собой отвал грунта геометрической призмы.

Отметку поверхности земли фиксируют по оси дороги и определяют при помощи нивелирования на местности. Проектную отметку земляного полотна определяют по расчету и фиксируют на линии бровки земляного полотна. Высоту насыпи или глубину выемки (рабочие отметки) определяют разностью между проектной отметкой и отметкой земли по оси дороги (см. рис. 4).

Основной масштаб поперечных профилей земляного полотна 1:200. Допускается М 1:100 при обосновании для сложных условий рельефа местности.

### Контрольные вопросы

1. Какое сочетание видов перевозок является характерным для древних путей сообщения?

2. Назовите исторический период, характеризующийся интенсивным строительством шоссе – дорог с твёрдым, главным образом щебёночным, покрытием во всех странах.

3. Какие обстоятельства приводят к развитию подземных рельсовых дорог – метрополитенов и наземных монорельсовых дорог?

4. Раскройте отличные особенности первоначального развития строительства дорог в России от западного пути.

5. С какого периода времени в России в нижних слоях щебеночных одежд начали применять гравий?

6. С какого века получило распространение дорожных покрытий из природных асфальтовых горных пород?

7. Раскройте сущность идей Мак-Адама в развитии техники дорожного строительства.

8. С именем какого французского инженера связывают искусственную укатку щебеночных одежд?

9. Что называется поперечным профилем дороги, высотой насыпи, глубиной выемки, бровкой земляного полотна?

10. Перечислите элементы поперечного профиля дороги и их назначение.

11. Расскажите о назначении обочины и ее основных элементах?

12. Для чего предназначены кюветы и резервы, в чем их различие?

13. Как определить размер бокового резерва?

### 4.3. Земляное полотно

Земляное полотно является наиболее объемным и сложным по конструкции элементом автомобильной дороги. В зависимости от категории автомобильной дороги и типа дорожной одежды на 1 км требуется от 10 000 до 50 000 м грунта.

Земляное полотно проектируют с учетом категории дороги, типа дорожной одежды, высоты насыпи и глубины выемки, свойств грунтов, используемых в земляном полотне, природных условий района строительства. Проектировать земляное полотно необходимо совместно с конструкцией дорожной одежды как единое инженерное сооружение. Геометрические элементы земляного полотна и дорожной одежды должны соответствовать расчетной скорости движения и обеспечивать удобное и безопасное движение автомобилей.

Одним из основных требований, предъявляемых к земляному полотну, является обеспечение прочности и устойчивости всех его элементов.

Под прочностью земляного полотна понимается его способность сохранять при действии нагрузки от автомобилей и природных факторов приданные ему при строительстве форму и размеры.

Для обеспечения устойчивости земляного полотна его сооружают из пригодных грунтов и предусматривают отвод поверхностных и грунтовых вод. На конструкцию земляного полотна влияют местные природные условия. Степень увлажнения земляного полотна зависит от количества выпадающих осадков по месяцам, толщины снегового покрова, температуры воздуха и почвы, степени заносимости дороги снегом. Исходя из этого проектируют определенную форму земляного полотна для насыпи: при высоте насыпи до 2–3 м откосы выполняют пологими с коэффициентами заложения 1:3 или 1:4; с увеличением высоты форма земляного полотна меняется и откосы выполняют более крутыми 1:1,5.

Для обеспечения снегонезаносимости выемки проектируют раскрытыми с пологими откосами.

Рельеф местности влияет на характер стока воды, степень увлажнения местности около земляного полотна. На открытых участках земляное полотно просыхает быстрее и водно-тепловой режим лучше. При прохождении дороги через лес, кустарник на участках высоких насыпей и глубоких выемок просыхание земляного полотна происходит медленнее, водно-тепловой режим значительно сложнее. На таких участках насыпь необходимо проектировать из устойчивых грунтов с тщательным уплотнением в процессе строительства.

На высоту насыпи и тип укрепления земляного полотна влияют гидрологические условия, которые характеризуются стоком воды по поверхности земли в пределах полосы отвода. В равнинной местности сток затруднен, предусматривают боковые и водоотводные канавы. В пересеченной местности вода стекает быстрее, возникают большие скорости, происходит размыв существующих русел, оврагов, канав. Конкретно в каждом случае решают вопросы по укреплению земляного полотна и проектированию водоотводных сооружений.

При необеспеченном стоке воды увеличивают высоту насыпи над уровнем стояния воды. При проектировании земляного полотна по косогорным участкам решают вопросы по устойчивости земляного полотна, возможности проектирования в полунасыпи-полувыемке с мероприятиями по укреплению подошвы насыпи или проектирования подпорной стенки. Правильно построенное земляное полотно служит очень долго и должно сохранять проектное очертание в течение срока службы.

В результате воздействия нагрузок от земляного полотна и движущегося транспорта, поверхностных и грунтовых вод могут происходить

деформация земляного полотна, потеря правильных геометрических очертаний. Грунт теряет свою несущую способность и обрушается от собственного веса. Причинами деформаций в земляном полотне могут быть применение непригодных грунтов, повреждение откосов земляного полотна из-за недостаточного укрепления и большой крутизны, образование пучинистых участков, деформация земляного полотна на слабом основании.

Требуемая плотность грунтов в насыпях и в выемках нормируется по коэффициенту уплотнения грунта – отношению плотности скелета  $\delta_n$  грунта – конструкции земляного полотна к максимальной плотности скелета  $\delta_{max}$  этого же грунта при стандартном уплотнении в лабораторных условиях при оптимальной влажности, т.е.

$$K = \frac{\sigma_n}{\delta_{max}}. \quad (2)$$

Существует две классификации грунтов, применяемых для устройства земляного полотна:

– дорожная, которая характеризует грунты в зависимости от содержания в них количества песчаных и пылеватых частиц, по числу пластичности и содержанию фракций;

– по трудности разработки грунтов дорожными землеройными машинами, отчего зависит производительность механизмов.

По содержанию твердых частиц и характеру связи между ними грунты бывают: с пластичной связью между зернами – глинистые связные и малосвязные (табл. 3); без связи между зернами – щебеночные (крупнообломочные) и пески; с жесткой связью между зернами – полускальные и скальные.

Т а б л и ц а 3

Характеристики грунтов по содержанию твердых частиц  
и характеру связи между ними

Грунт	Разновидность грунта	Содержание песчаных частиц, мм
Супесь	Легкая крупная	≥50
	Легкая	>50
	Пылеватая	20-50
	Пылеватая тяжелая	<20
Суглинок	Легкий	≥40
	Легкий пылеватый	<40
	Тяжелый	≥40
	Тяжелый пылеватый	<40
Глина	Песчаная	> 40
	Пылеватая (полужирная)	Меньше, чем пылеватых размером 0,05–0,005 мм
	Жирная	Не нормируется

Теоретически все грунты могут использоваться в дорожном строительстве. Однако для отдельных грунтов предусматривают некоторые конструктивные и технологические мероприятия по улучшению их свойств.

Крупнообломочные и песчаные грунты являются хорошим материалом для всех слоев земляного полотна, особенно при слабых основаниях, на болотистых участках.

Для возведения земляного полотна не допускается применять: глинистые грунты, находящиеся в текучем состоянии, обладающие низкой прочностью; лессы, лессовые и лессовидные – разновидность глинистых пылеватых грунтов с повышенной пористостью, превышающей 40 % (при увлажнении быстро размокают и проседают, легко размываются); мергели – переходную породу от известняка к глинам (при увлажнении набухают и размокают); сланцевые глины – плотные, слоистые (в воде быстро разрушаются, плохо уплотняются); торф, органоминеральную массу, содержащую более 60 % растительных остатков (сильно сжимается); черноземы – грунты, содержащие гумус и разложившиеся растительные остатки (при увлажнении сильно набухают и теряют прочность); засоленные грунты – содержащие водорастворимые соли в количестве более 8 % при хлоридном и более 5 % при сульфатном засолении.

Супесь легкая – лучший грунт для устройства земляного полотна, плотно и легко укатывается, быстро просыхает; супесь пылеватая – малосвязный пучинистый грунт с высоким капиллярным поднятием воды, в водонасыщенном состоянии почти целиком утрачивает несущую способность, хорошо обрабатывается вяжущими материалами, мало пригоден для строительства земляного полотна. Супесь пылеватая тяжелая – типичный пучинистый грунт, легко переходит в пльвунное состояние, хорошо разрабатывается, применяется редко в дорожном строительстве.

Суглинок легкий – связный грунт, подвержен процессам пучинообразования; суглинок легкий пылеватый – более подвержен капиллярному поднятию воды и более склонен к пучению, мало пригоден для строительства земляного полотна; суглинок тяжелый пылеватый – мало пригоден для строительства земляного полотна; суглинок тяжелый – связный плотный грунт с малой водопроницаемостью, применяется как добавка к песчаным грунтам.

Глинистые грунты подвержены процессам набухания и усадки, очень трудны в разработке, практически водонепроницаемые. Глина песчаная пригодна для строительства земляного полотна, глина пылеватая – малопригодна, глина жирная – непригодна.

В случае сооружения насыпи из неоднородных грунтов в нижнюю часть земляного полотна укладывают более глинистые грунты, а верхние слои устраивают из пригодных для дорожных работ супесей и суглинков. Пылеватые грунты в земляном полотне не применяют.

В последние годы в дорожном строительстве применяют грунты искусственного происхождения: отходы обогатительных фабрик, терриконы шахт, отходы ТЭЦ, формовочные земли. Применение этих грунтов освобождает полезные площади, занимаемые отвалами. Земляное полотно в таких случаях проектируют по индивидуальным проектам с обеспечением водно-теплого режима и водоотвода.

Поверхностям слоев водонепроницаемых грунтов необходимо придавать двухскатный поперечный профиль от оси дороги с уклоном 20–40 ‰.

Запрещается бессистемная отсыпка различных по свойству грунтов, так как это способствует образованию водонасыщенных линз и увлажненных наклонных поверхностей, по которым возможно оползание грунта. Разнородные грунты отсыпают горизонтальными слоями, отсыпка насыпи в виде замкнутого ядра из одного грунта не рекомендуется. При реконструкции земляного полотна не разрешается уширение насыпи из дренирующего грунта водонепроницаемым грунтом.

При устройстве выемки в неоднородном грунте необходимо предусматривать мероприятия для выпуска воды из водонепроницаемых грунтов или понижения уровня воды.

Многолетняя практика строительства, эксплуатации и проектирования автомобильных дорог выработала ряд требований к геометрической форме и конструкции земляного полотна при различных природных условиях. Поэтому разработаны типовые поперечные профили земляного полотна с единой системой и стандартами, предназначенные для многократного применения проектными организациями, но с привязкой к конкретным условиям строительства. В поперечном сечении земляное полотно может быть представлено в виде насыпи, выемки, полунасыпи-полувыемки. Возвышение бровки земляного полотна зависит от типа местности по характеру увлажнения, дорожно-климатической зоны и вида грунта. Иногда высота насыпи зависит от конструктивных особенностей искусственных сооружений (больших мостов, путепроводов, транспортных развязок).

В обычных условиях поперечные профили земляного полотна принимаются по типовым проектам, разработанным проектными организациями.

Индивидуальные проекты земляного полотна применяют в случае, если невозможно применить типовой проект, или при проектировании ответственных и сложных участков земляного полотна.

#### 4.4. Сооружения на автомобильных и железных дорогах

Для обеспечения нормальной эксплуатации, ремонта и содержания всех дорожных сооружений, а также обслуживания пассажиров и водителей, автотранспортных средств, перемещающихся по автомобильной дороге, должны быть предусмотрены сооружения дорожной и автотранспортной служб и службы государственной инспекции безопасности движения (ГИБДД).

В процессе составления проекта автомобильной дороги выбирают площадки под здания и сооружения автотранспортной и дорожной служб относительно дороги с устройством подъезда к ним. Составляют проекты на комплексы зданий и сооружений с учетом структуры службы с привязкой к местным условиям.

К сооружениям дорожной службы в зависимости от установленной организационной структуры относятся комплексы зданий и сооружений управления дорог, здания и сооружения основного и низового звеньев дорожной службы, жилые дома для рабочих и служащих, производственные базы, пункты обслуживания и охраны мостов, переправ, тоннелей, галерей.

В процессе работы многие сооружения и элементы автомобильной дороги ухудшают свои эксплуатационные качества, требуя постоянного текущего ремонта и содержания всех инженерных сооружений дороги. Обеспечение хорошего состояния дорожных сооружений возлагается на работников служб ремонта и содержания автомобильных дорог. Для того чтобы автомобильная дорога находилась в хорошем состоянии, необходимо установить за ней надзор и уход для обеспечения безопасного и удобного движения. С увеличением интенсивности движения и повышения требований безопасности может возникнуть необходимость в улучшении некоторых элементов автомобильной дороги или создании новых видов обустройств с привлечением других организаций.

Для выполнения своих задач основное звено дорожной службы должно иметь административно-бытовой корпус, производственный корпус по ремонту и техническому обслуживанию дорожных машин и автомобилей, стоянки (холодные и теплые) на списочный состав парка машин, цех по ремонту технических средств организаций дорожного движения, базу по приготовлению и хранению противогололедных материалов, склады.

Для низового звена дорожной службы, подчиненного основному звену, строят производственный корпус для технического обслуживания дорожных машин и автомобилей с административно-бытовыми



помещениями, стоянками на списочный состав парка машин, расходными складами противогололедных материалов. Длина участков дорог, обслуживаемых дорожной службой, нормируется в зависимости от категории дороги и типа покрытия. Примерная протяженность участков дорог, обслуживаемых основным звеном при линейном принципе, составляет от 100 до 260 км, при территориальном принципе – от 250 до 300 км. Низовое звено службы содержания дорог обслуживает от 30 до 100 км дорог. Длина участка обслуживания увеличивается с ухудшением типа покрытия.

Все комплексы зданий и сооружений основного и низового звеньев дорожной службы следует располагать у населенных пунктов, на площадках, примыкающих к полосе отвода автомобильной дороги. Производственные предприятия АБЗ и ЦБЗ располагают в промышленной зоне населенного пункта или при технико-экономическом обосновании за пределами населенного пункта.

Выбор площадки для дорожной службы в пределах населенного пункта обоснован с точки зрения удобств бытового обслуживания работающих, возведения жилых зданий, наличия в населенных пунктах: школ, магазинов, культурно-бытовых помещений. Путем согласования с местными действующими предприятиями и организациями решают вопросы общественного питания, медицинского обслуживания, пожарной охраны, благоустройства примыкающих территорий.

Автомобильная дорога с размещенными на ней дорожной и автотранспортной службами должна быть обеспечена всеми видами связи – почтовой, телеграфной, телефонной и радиосвязью. При расположении отдельных подразделений дорожной организации вне населенных пунктов (заводы, карьеры, сторожевая охрана мостов) устанавливают телефонную связь или связь по радио. Радиосвязь может быть установлена между отдельными дорожными звеньями, работающими на разных участках дороги.

Кроме связи дорожных организаций между собой, на автомобильных дорогах должна быть система связи, позволяющая каждому проезжающему по дороге вызвать необходимую техническую помощь при аварии, службы ГИБДД для установления причин дорожно-транспортного происшествия. В этих целях на обочинах или разделительных полосах устанавливают сигнальные и телефонные колонки.

Пункт охраны предусматривают на больших мостах длиной свыше 300 м. Пункты охраны подчинены районным отделениям ВОХР МВД СССР. В комплексе пунктов предусматривают караульное помещение и жилой дом, помещения для служебных собак.

На период эксплуатации дороги должна быть развернута автотранспортная служба, которая обеспечивает удобства пассажирских, грузовых перевозок и обслуживания подвижного состава. Водителям и пассажирам требуются питание, отдых и ночлег. Автомобили необходимо обеспечить топливом и смазочными материалами, техническим осмотром и мелким ремонтом.

К сооружениям автотранспортной службы относятся здания и сооружения обслуживания грузовых перевозок; здания и сооружения обслуживания организационных пассажирских перевозок (автостанции и автовокзалы, автобусные остановки и павильоны); здания и сооружения для обслуживания участников движения в пути следования (мотели, кемпинги, площадки отдыха, площадки для кратковременной остановки автомобилей, пункты питания, пункты торговли, автозаправочные станции, дорожные станции технического обслуживания, пункты мойки автомобилей, устройства для технического осмотра автомобилей).

Грузовые автостанции представляют собой комплекс, состоящий из складских и служебно-бытовых помещений, погрузочно-разгрузочных устройств и площадок для размещения автомобилей, тягачей, прицепов и контейнеров. На грузовой автостанции грузы собирают, хранят и отправляют в междугородном сообщении. Водителя автомобиля обеспечивают отдыхом и питанием.

Автостанции устраивают на конечных и узловых пунктах междугородных и пригородных автобусных маршрутов. Размеры автостанции и место расположения зависят от пассажиропотока и пассажирских маршрутов в пределах населенного пункта. Автостанция должна иметь здание совместно с перроном для посадки и высадки пассажиров, площадки для стоянки автобусов и легковых автомобилей. Вместимость автостанций от 25 до 100 чел. В здании предусматриваются зал ожидания, кассы, диспетчерская, буфет, телефон, санузел.

Автовокзалы сооружают на конечных и крупных узловых пунктах автобусных маршрутов в городах.

В местах остановок маршрутных автобусов около населенных пунктов устраивают автобусные остановки, в комплекс которых входят автопавильон, необходимый для укрытия ожидающих от непогоды, остановочная и посадочная площадки, туалет. Автопавильоны по виду стеновых ограждений могут быть открытые, полузакрытые и закрытые. Вместимость павильонов в зависимости от населенного пункта до 25 чел. Чаще всего автопавильоны выполняют из сборных железобетонных элементов с учетом архитектурных и национальных особенностей данного района.

Ширину остановочных площадок для автобусов принимают равной ширине основных полос проезжей части, а длину – в зависимости от числа одновременно останавливающихся автобусов, но не менее 10 м. Остановочные площадки на дорогах I–III категорий отделяют от проезжей части разделительной полосой.

Посадочные площадки на автобусных остановках должны быть приподняты на 0,2 м над поверхностью остановочных площадок. Автобусные остановки вне пределов населенных пунктов следует располагать на прямых участках дорог или на кривых радиусом в плане не менее 1000 м – для дорог I–II категорий, 600 м – III категории и 400 м – IV и V категорий. На участках с продольным уклоном более 40% автобусные остановки не устраивают.

В целях безопасности пешеходного движения на участках автобусных остановок на дорогах I категории устраивают подземный переход, на дорогах других категорий автопавильоны смещают на расстояние не менее 30 м между ближайшими стенками павильонов. Автобусные остановки следует назначать не чаще чем через 3 км.

Мотели, кемпинги предназначены для отдыха и питания в комфортабельных условиях автотуристов. Вместимость мотелей зависит от численности проезжающих туристов и количества междугородных маршрутов. Мотели устраивают вблизи крупных городов, у исторических, архитектурных и других памятников, привлекающих туристов. Мотели целесообразно проектировать комплексно совместно со станциями технического обслуживания, АЗС, пунктами питания и торговли. Мотели располагают на расстоянии не реже чем через 500 км. Кемпинги работают в летнее время года и размещаются через 50–100 км.

Для улучшения условий работы водителей, повышения безопасности движения, обеспечения отдыха пассажиров устраивают вдоль дороги площадки для остановки автомобилей. В зависимости от назначения и количества останавливающихся автомобилей площадки подразделяются на площадки для стоянки автомобилей около магазинов, гостиниц, пунктов питания; придорожные площадки, рассчитанные на остановку для отдыха небольшого количества автомобилей, чаще всего для водителей грузовых автомобилей, на этих площадках могут быть эстакада для осмотра автомобиля, туалет; площадки отдыха, предназначенные для остановки вне дорожной полосы, с устройством подъезда, на таких площадках могут быть пункты питания, торговли, скорой помощи, источников питьевой воды.

Каждая площадка должна иметь места для стоянки автомобилей (легковых и грузовых), эстакаду для осмотра транспортных средств, туалеты, зону отдыха, оборудованную навесом, столом, скамейками,

местами для разведения костров, обеспечиваемую питьевой водой. Устанавливают щиты с изображением прилегающих дорожных маршрутов, пунктов сервиса, достопримечательностей.

Площадки отдыха предусматривают через 15–20 км на дорогах I и II категорий, 25–35 км – III категории и 45–55 км – IV категории.

Вместимость площадок отдыха рассчитывают на одновременную остановку 20–50 автомобилей для дорог I категории, 10–15 – II и III категорий, 10 – IV категории. В местах, привлекающих большое количество отдыхающих, площадки отдыха увеличивают и предусматривают места для стоянки автобусов.

Пункты питания (придорожные кафе, буфеты, столовые, рестораны) должны размещаться на дороге не реже чем через 100–200 км.

Сооружения технического обслуживания автомобилей, АЗС и СТО устраивают непосредственно у дороги или в некотором удалении от нее, вблизи населенных пунктов для удобства обслуживающего персонала. Около этих сооружений должна быть устроена площадка для стоянки транспортных средств. Автозаправочные станции размещают на определенном расстоянии друг от друга в зависимости от интенсивности движения по дороге. При интенсивности от 1000 до 5000 авт./сут АЗС размещают с одной стороны дороги, и расстояние между ними составляет от 30 до 50 км.

При большой интенсивности движения АЗС размещают с двух сторон с увеличением мощности (числа заправок в сутки) до 1000 единиц.

Дорожные станции технического обслуживания, имеющие до 8 постов, предназначены для предоставления услуг водителям автомобилей по техническому обслуживанию и устранению неисправностей, возникающих в пути. Они должны иметь в своем распоряжении линейную техпомощь, обслуживающую автомобили, поломавшиеся в пути.

Целесообразно совмещать станции технического обслуживания при автомобильной дороге с автозаправочными станциями.

Моечные пункты располагают у въездов в крупные населенные пункты, при станциях технического обслуживания.

Для службы государственной автоинспекции строят линейные сооружения по контролю дорожного движения. Пункты ГИБДД размещают на входах в крупные города, а также на пересечениях автомобильных дорог I–III категорий. При пунктах ГИБДД устраивают площадки для стоянки служебных машин и автомобилей, останавливаемых для контроля.

Сооружения автотранспортной службы размещают вдоль дороги на основании экономического и статистического обследования района изыскания. Учитывают частоту размещения населенных пунктов,

архитектурные и исторические памятники, примечательные места, привлекающие туристов. После выбора места для сооружения решают вопрос объединения нескольких комплексов сооружений по обслуживанию пассажиров и автомобилей на одной площадке. Площадки с сооружениями могут быть расположены по условиям движения около дороги или за ее пределами с устройством въезда на основную дорогу.

Все сооружения должны удовлетворять современным архитектурным требованиям и органически вписываться в окружающий ландшафт местности. Площадки отдыха, которые наиболее часто встречаются при проектировании многих сооружений, должны быть архитектурно оформлены с применением зеленых насаждений, красочным оформлением указателей, схем туристских маршрутов, зон отдыха взрослых и детей.

#### 4.5. Транспортные узлы

Пересечения автомобильных дорог с железными дорогами следует проектировать вне пределов станций и путей маневрового движения, на прямых участках пересекающихся дорог. Пересечения устраивают на прямых участках пересекающихся дорог под углом не менее  $60^\circ$ . Места пересечения автомобильных дорог с железными дорогами в одном уровне являются очень опасными.

При проектировании путепроводов над железнодорожными путями продольный уклон подходов к путепроводу не должен превышать 40 ‰. Трасса дороги в районе пересечения в разных уровнях должна удовлетворять требованиям плавности. На подходах к путепроводам через железную дорогу проектируют пешеходные и велосипедные дорожки.

Пересечения автомобильных дорог I–III категорий с железными дорогами всегда проектируют в разных уровнях. На дорогах IV и V категорий такие пересечения устраивают только при пересечении трех и более главных железнодорожных путей, на участках железных дорог с движением более 120 поездов/сут., при наличии трамвайного и троллейбусного движения, а также если железная дорога проходит в выемке. На неохраемых пересечениях автомобильных дорог с железными дорогами в одном уровне должна быть обеспечена видимость (рис. 5), при которой водитель автомобиля должен видеть приближающийся к переезду поезд не менее чем за 400 м, а машинист приближающегося поезда – середину переезда на расстоянии не менее 1 км.

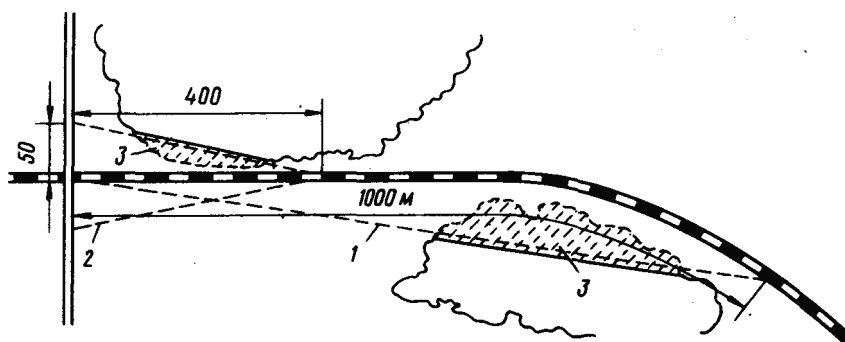


Рис. 5. Требования к видимости на пересечениях автомобильных и железных дорог в одном уровне:  
 1 – линия, ограничивающая зону видимости переезда машинистом поезда;  
 2 – то же водителем автомобиля; 3 – срезки для обеспечения видимости

Подходы автомобильной дороги к пересечению на протяжении 50 м следует проектировать с продольным уклоном не более 30 ‰. Ширину проезжей части автомобильной дороги на пересечении в одном уровне с железными дорогами принимают равной ширине проезжей части данной категории дороги, за исключением автомобильной дороги V категории, где ширину проезжей части принимают равной 6 м на расстоянии 200 м в обе стороны от железнодорожного переезда.

Проектирование автомобильной дороги в районе пересечения выполняют с соблюдением правил проектирования элементов в плане и продольном профиле. Не разрешается использовать водоотводную систему железной дороги.

Самым удобным видом пересечения с железной дорогой в разных уровнях является случай, когда железная дорога проходит в выемке и автомобильная дорога прокладывается без насыпей подходов с устройством путепровода.

Место пересечения автомобильных дорог представляет собой узел, в котором сходятся несколько автомобильных дорог. По каждой пересекаемой дороге возможно сквозное движение, при этом обеспечивается возможность перехода автомобилей с одной дороги на другую. Проектирование дорог может быть выполнено в виде пересечения, примыкания и разветвления.

Пересечения дорог в зависимости от значения суммарной интенсивности пересекающихся дорог устраивают в одном или в разных уровнях.

На пересечениях автомобильных дорог интенсивность движения равна сумме интенсивностей по пересекающимся дорогам. Места пересечения и примыкания автомобильных дорог в одном уровне следует располагать на свободных площадках и на прямых участках с хорошей видимостью. При движении автомобилей на участке пересечений со-

здаются помехи при поворотах отдельных автомобилей. Образуются конфликтные точки (рис. 6), где возможны столкновения автомобилей: 16 точек пересечений, 8 точек разветвлений и 8 точек слияния потоков движения. Чем больше интенсивность на пересечении, тем выше опасность столкновения автомобилей.

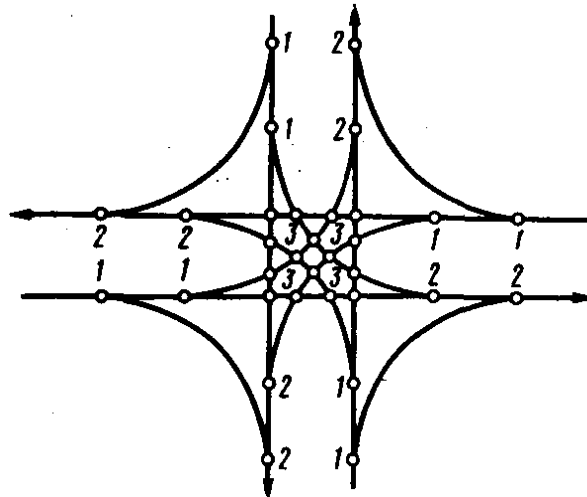


Рис. 6. Схема траекторий движения автомобилей на пересечении в одном уровне:

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

Увеличение числа опасных точек приводит к повышению аварийности, снижению скорости движения и к понижению пропускной способности узла пересечения.

В одном уровне с островками и зонами безопасности разрешается устраивать пересечения при суммарной перспективной интенсивности движения от 2000 до 8000 прив. ед./сут. Это возможно для пересечения дорог II категории с дорогами IV и V категорий, а также дорог III, IV и V категорий между собой.

Пересечения и примыкания дорог в одном уровне рекомендуется выполнять под прямым или близким к нему углом. В том случае, когда транспортные потоки не пересекаются, а разветвляются или сливаются, допускается устраивать пересечение дорог под любым углом с учетом обеспечения безопасности движения.

При выборе вида пересечения и примыкания в одном уровне применяют типовые проекты пересечения и примыкания. При этом учитывают состав и интенсивность движения с соблюдением необходимых рекомендаций.

Для повышения безопасности движения число пересечений и примыканий должно быть ограничено: на дорогах Iа категории не чаще чем через 10 км, на дорогах Iб и II категорий – 5 км, а на дорогах III категории – 2 км.

Кольцевые пересечения в одном уровне получили распространение в городских условиях для развязки движения на площадях. В последнее время их применяют на внегородских дорогах и считают наиболее безопасным видом пересечения нескольких дорог. Кольцевое пересечение допускается проектировать в случае, когда интенсивности движения на пересекающихся дорогах одинаковые или отличаются не более чем на 20 %, а число автомобилей с левоповоротным движением составляет не менее 40 %. Размеры кольца зависят от заданной скорости движения, диаметр составляет 25–50 м, движение по кольцу осуществляется против часовой стрелки. Правоповоротные автомобили движутся ближе к наружной кромке кольца, а левоповоротные – ближе к внутренней.

С увеличением интенсивности движения пересечения в одном уровне не обеспечивают пропускную способность узла автомобильной дороги. Для обеспечения безопасности движения выполняют пересечения и примыкания в разных уровнях – транспортные развязки.

Транспортные развязки для дорог I и II категорий устраивают с таким расчетом, чтобы не было пересечений левых поворотов с основными потоками движения при выходе на одном уровне.

Преимущество пересечений в разных уровнях заключается в том, что с устройством путепроводов через одну из пересекающихся дорог обеспечиваются движение в прямом направлении для обеих дорог с расчетными скоростями, безопасность лево- и правоповоротного движения.

Примыкания к автомобильным магистралям устраивают чаще всего по схеме «трубы» (рис. 7, а), имеющей один путепровод. Каждый поворачивающий поток автомобилей имеет свой собственный съезд. Левоповоротные съезды могут располагаться справа или слева от путепровода. С точки зрения безопасности движения этот тип примыкания является наиболее удобным и простым по исполнению, так как отсутствуют точки пересечения потоков движения в одном уровне. Водитель легко ориентируется при движении в узле.

Листовидный тип примыкания (рис. 7, б) представляет собой половину «клеверного листа» с одним путепроводом. Поток автомобилей имеет свой собственный съезд. Данный тип обеспечивает большую безопасность, чем примыкания по схеме «трубы», так как при левоповоротном движении отсутствует встречное движение, однако этот узел занимает большую площадь.

Кольцевой тип примыкания (рис. 7, в) имеет два путепровода, все съезды вливаются в кольцо, на кольце смешиваются между собой



левоповоротные потоки. Водитель легко ориентируется, развязка имеет простую форму.

Разветвление по схеме «треугольника» (рис. 7, г) имеет один путепровод. Каждый левоповоротный съезд пересекает основную магистраль, что ухудшает условие движения на этих участках.

В последние годы применяют транспортную развязку по схеме «лук», предназначенную для стадийного строительства при переводе примыкания в одном уровне к примыканию в разных уровнях без остановки движения.

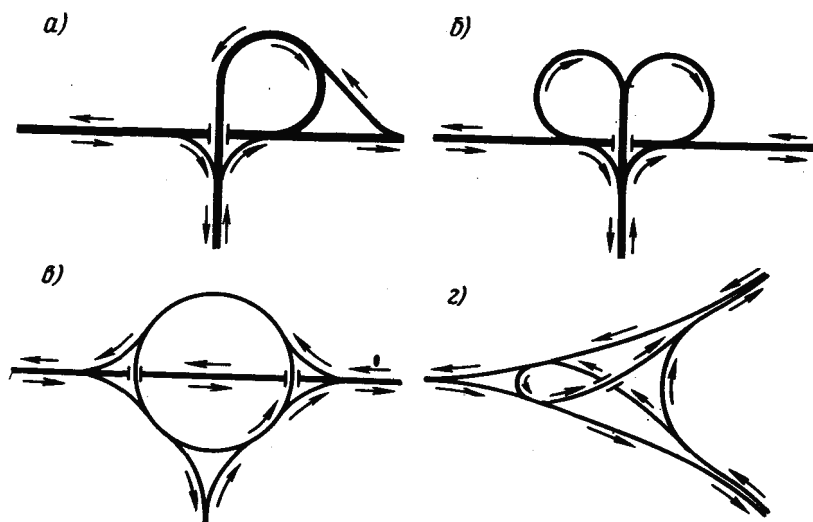


Рис. 7. Схемы примыканий автомобильных дорог в разных уровнях: а – примыкание по схеме «трубы»; б – листовидный тип; в – кольцевой тип; г – разветвление по схеме «треугольника»

Путепровод строят над примыкающей дорогой с устройством подходов к нему от главной дороги. При этом путепровод выносится за пределы центра примыкания в одном уровне на расстояние 100–120 м. Путепровод предназначен для одностороннего транзитного движения по главной дороге.

Пересечение по типу «клеверного листа» (рис. 8, а) является в настоящее время наиболее распространенным типом пересечения автомобильных дорог в разных уровнях. В центре пересечения устраивают один путепровод, а пересекающиеся дороги соединяют между собой съездами.

Полный «клеверный лист» имеет 8 съездов, что улучшает движение автомобилей без риска столкновения друг с другом. Встречного движения на съездах нет. Все съезды вливаются в проезжие части пересекающихся дорог с правой стороны по ходу движения. Левоповоротное движение не смешивается с правоповоротным. Правоповоротные съезды проектируют с использованием кривых большого радиуса при небольших продольных уклонах с большими скоростями.

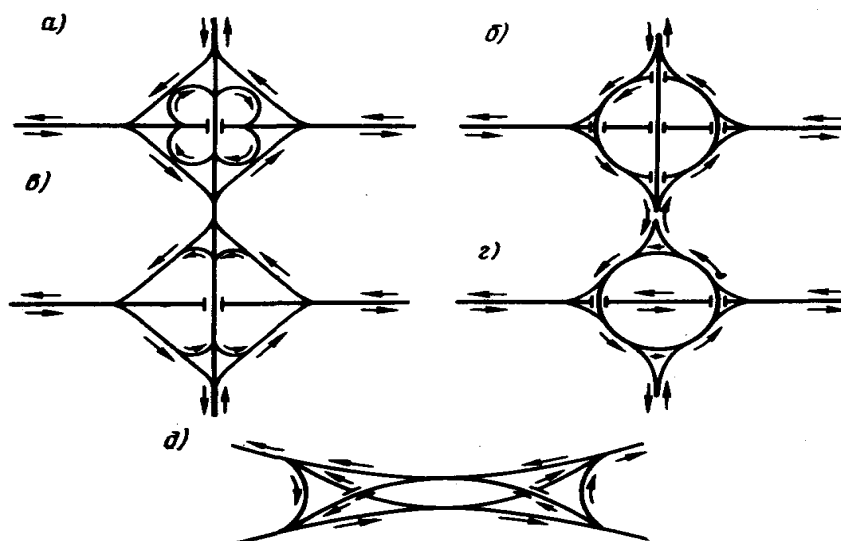


Рис. 8. Схемы пересечений автомобильных дорог в разных уровнях:  
 а – «клеверный лист»; б – распределительное кольцо с пятью  
 путепроводами; в – по типу ромба; г – распределительное кольцо с двумя  
 путепроводами; д – линейное пересечение

Достоинством «клеверного листа» является наличие одного путепровода, в то время как на других типах пересечений имеются несколько путепроводов. Наряду с достоинствами эта схема обладает существенными недостатками: поворачивающие налево автомобили совершают с малыми скоростями значительные перепробеги (до 0,5–0,9 км), увеличивается время проезда узла, вследствие значительной длины съездов оказываются высокими объемы и стоимость земляных работ и дорожной одежды, узел занимает большую площадь земли. Пересечение по типу распределительного кольца (рис. 8, б) имеет пять путепроводов, применяется в стесненных условиях на автомобильных дорогах I и II категорий с большой интенсивностью движения и преимущественно левоповоротным движением. Главной особенностью транспортной развязки является на кольце общий участок, который необходим для перераспределения потоков, сворачивающих налево и направо. Поэтому правоповоротное движение находится в неблагоприятных условиях, возникают конфликтные точки пересечения траекторий движения.

Существенным недостатком является прохождение кольца поочередно то над одной автомагистралью, то под другой. В результате продольный профиль получается очень сложным, по всей длине кольца происходит непрерывное чередование подъемов и спусков. Поэтому кольцо должно быть большого радиуса и занимать значительные площади.

Пересечение по типу ромба (рис. 8, в) устраивают при пересечении дорог I–III категорий с дорогами более низких категорий с целью снижения строительных затрат.

Распределительное кольцо с двумя путепроводами (рис. 8, г) применяют на пересечении дорог I и II категорий с дорогами III–V категорий при большой интенсивности движения поворачивающих налево автомобилей. Левоповоротные автомобили совершают по распределительному кольцу значительный пробег, что является недостатком.

При пересечении существующих дорог или дорог разных категорий под углом  $30^\circ$  применяют линейное пересечение с двумя путепроводами. При новом строительстве искривляют трассы обеих дорог (рис. 8, д), что необходимо для лучшего развития дороги и обеспечения видимости на съездах.

Автомобильные дороги I–III категорий могут пересекать полевые дороги, поэтому необходимо устраивать скотопрогоны и места для движения сельскохозяйственной техники. По возможности полевые дороги должны проходить под ближайшим искусственным сооружением с учетом габаритов по ширине и высоте (для полевых дорог – ширина 6 м, высота 4,5 м; для прогона скота – ширина 4 м, высота 2,5 м).

Пешеходные переходы выполняют в разных уровнях, подземные или надземные через дороги IБ и II категорий при интенсивности пешеходного движения 100 чел./ч – с устройством пешеходных ограждений.

Все съезды и въезды на подходах к дорогам I–III категорий должны иметь покрытие на участке длиной 100 м до главной дороги при песчаных, супесчаных и легких суглинистых грунтах, на участке 200 м – при черноземах, глинистых, тяжелых и пылеватых суглинистых грунтах. Для автомобильных дорог IV категории длина укрепленного въезда уменьшается в 2 раза по сравнению с въездом для дорог высших категорий. Обочины на съездах и въездах укрепляют так же, как и для главной дороги, на ширину 0,5–0,75 м.

Наименьшие радиусы съездов определяют на основании принятых расчетных скоростей и составляют: для автомобильных дорог I–II категорий – не менее 25 м, III категории – 20 м и IV–V – 15 м.

Значения расчетных скоростей на правоповоротных съездах пересечений в разных уровнях установлены не менее 60 км/ч для дорог I–II категорий, не менее 50 км/ч – III категории. Радиусы кривых левоповоротных съездов для пересечений по типу «клеверного листа» принимают не менее 60 м для дорог I–II категорий и не менее 50 м – для III категории. Ширина проезжей части на всем протяжении левоповоротных съездов пересечений и примыканий в разных уровнях

принимается 5,5 м, а правоповоротных – 5 м; ширина обочин с внутренней стороны закругления должна быть «не менее 1,5 м, с внешней – 3 м. Продольный уклон на съезде следует принимать не более 40 %.

Переходно-скоростные полосы представляют собой дополнительные полосы проезжей части, на которых происходит снижение скорости автомобиля при повороте налево или направо, а также увеличение скорости перед въездом автомобиля на основную полосу движения. Переходно-скоростные полосы улучшают режим движения, освобождая основную полосу.

Переходно-скоростные полосы предусматривают на пересечении и примыкании в одном уровне, если интенсивность движения съезжающих и въезжающих автомобилей на главную дорогу составляет 50 прив. авт./сут и более для I категории, 200 прив. авт./сут и более на дорогах II–III категорий.

Переходно-скоростные полосы выполняют в обязательном порядке для транспортных развязок в разных уровнях на дорогах I–III категорий.

Длину переходно-скоростных полос устанавливают в зависимости от категории дороги и продольных уклонов, ширину принимают равной ширине основных полос проезжей части. Конструкция проезжей части переходно-скоростной полосы такая же, как и на основной дороге. Переходно-скоростные полосы отделяют от основной дороги сплошной и пунктирной линией разметки, а отгоны – пунктирной линией. Отгон полос торможения начинают с уступа величиной 0,5 м.

Барьерные ограждения устанавливают на пересечениях и примыканиях в разных уровнях для предотвращения вынужденных съездов автомобилей на опасных участках дороги с путепроводов, высоких насыпей. Ограждения устанавливают на обочинах на расстоянии 0,5 м от бровки земляного полотна при радиусе кривых в плане 600 м с наружной стороны криволинейных съездов. В начале съездов ограждения устанавливают с обеих сторон.

При пересечении и примыкании в одном уровне устанавливают сигнальные столбики, предназначенные для ориентирования водителя. Расстояния между столбиками и места их расположения зависят от радиуса кривой в плане, продольного профиля и высоты насыпи.

Знаки нужно располагать таким образом, чтобы обеспечивалось необходимое время для их прочтения и осмысливания. За 800–1000 м до подъезда к транспортной развязке должны быть установлены дорожные знаки с указанием направления движения, за 400–500 м до начала переходно-скоростных полос устанавливают знак со схемой движения и допускаемой скоростью на съездах. Для подтверждения правильности

дальнейшего движения в конце транспортной развязки устанавливают указатели расстояний до пунктов следования.

### Контрольные вопросы

1. Что понимается под прочностью земляного полотна?
2. С какими откосами проектируют выемки для обеспечения снегонезаносимости автомобильных дорог?
3. Какие условия влияют на высоту насыпи и тип укрепления земляного полотна?
4. Рассмотрите классификацию грунтов, применяемых для устройства земляного полотна.
5. Какие грунты не допускается применять для возведения земляного полотна?
6. Какие сооружения относятся к сооружениям дорожной службы в зависимости от установленной организационной структуры?
7. Где следует располагать все комплексы зданий и сооружений основного и низового звеньев дорожной службы?
8. Где сооружают автовокзалы автобусных маршрутов в городах?
9. Для каких целей устраивают вдоль дороги площадки для остановки автомобилей?
10. Где устраивают сооружения технического обслуживания автомобилей АЗС и СТО?
11. Какие требования предъявляются к пересечениям автомобильных дорог с железными дорогами?
12. Какие существуют типы пересечений и примыканий в одном уровне?
13. Дайте характеристику пересечений и примыканий автомобильных дорог в разных уровнях.
14. В каких случаях следует проектировать переходно-скоростные полосы на пересечениях и примыканиях автомобильных дорог?
15. В чем заключается обустройство пересечений и примыканий автомобильных дорог?

## 5. ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫЕ ПУТИ СООБЩЕНИЯ: ЖЕЛЕЗНЫЕ ДОРОГИ И ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫЙ ТРАНСПОРТ

### 5.1. Особенности железнодорожного транспорта

**Железнодорожный транспорт** – вид транспорта, осуществляющий перевозки грузов по рельсовым путям в вагонах (поездах) с помощью локомотивной тяги.

Железнодорожный путь – комплекс сооружений и устройств, образующий дорогу с направляющей рельсовой колеей для движения подвижного состава железнодорожного транспорта. Железнодорожный путь имеет сложное строение. К основным элементам железнодорожного пути относятся: верхнее строение, земляное полотно, инженерные сооружения (мосты, тоннели, виадуки, дренажные сооружения, подпорные стенки). В разных странах принята различная ширина колеи, что объясняется в основном историческими причинами: в России – 1520 мм; в Западной Европе, Канаде, США и Японии на новых линиях – 1435 мм; в отдельных штатах Южной Америки, странах Африки, Индии – 1067 мм. Узкая колея может быть шириной 1000; 914; 891; 750 и 600 мм. Колея шириной 600 и 750 мм характерна для промышленного железнодорожного транспорта России.

В России существуют четыре категории железнодорожных магистралей, различающиеся по грузонапряженности и числу пар поездов в сутки. Например, 1-я категория имеет грузонапряженность более 10 млн т-км/км пути и свыше 10 пар поездов, но густота ее сети (количество километров пути на 100 км<sup>2</sup> территории) составляет 0,51 км, что ниже, чем в большинстве стран, включая страны СНГ. Парк локомотивов в грузовом движении насчитывает примерно 4 тыс. единиц (2/3 электровозов), парк грузовых вагонов – 385,1 тыс. единиц, парк пассажирских вагонов – более 20 тыс. единиц.

Основные технико-эксплуатационные особенности и достоинства железнодорожного транспорта:

- высокая пропускная и провозная способность (двухпутная дорога с автоматической блокировкой пропускает 150–200 пар поездов в сутки);

- однопутная дорога – (60 пар поездов в сутки);

- надежность работы благодаря независимости от климатических условий, что обеспечивает бесперебойную перевозку грузов в любое время года (95 % путей сообщения работает без сбоев при перепадах температуры; исключения приходятся на обрыв электрических проводов при стихийных бедствиях);

– возможность сооружения путей сообщения на любой сухопутной территории и на водной территории при наличии паромов;

– непосредственная связь с промышленными и сельскохозяйственными предприятиями любых отраслей экономики. Отдельные отрасли (металлургическая, угледобывающая, нефтеперерабатывающая и др.) имеют, как правило, свои подъездные пути для выхода на магистральную сеть;

– массовость перевозок в сочетании с довольно низкой себестоимостью (малые эксплуатационные расходы) и достаточно высокой скоростью доставки;

– более короткий путь следования по сравнению с естественными путями водного транспорта.

Относительные недостатки железнодорожного транспорта:

– ограниченная маневренность из-за «привязки» к колее;

– высокая первоначальная стоимость основных фондов: стоимость строительства 1 км однопутной линии – примерно 10 млн руб. (в ценах 1998 г.), двухпутной – на 40 % больше (в трудных условиях может быть в 2–3 раза выше); подвижной состав дороже автомобилей (но дешевле в 3–4 раза, чем самолеты и морские суда);

– высокая металлоемкость, трудоемкость, низкая производительность труда. Так, в среднем на 1 км эксплуатационной длины железных дорог России приходится почти 14 человек (в США – 1,5 человека при тех же объемах транспортной работы).

Технология работы железнодорожного транспорта наиболее сложная, что связано с привязкой его к железнодорожной колее. Основой технологии работы железнодорожного транспорта является теория расписаний (график движения); план формирования поездов по направлениям движения; согласованный план формирования поездов на магистральном направлении с графиком работы подъездных путей предприятий, имеющих связь с магистральной сетью железных дорог.

Принципы работы железных дорог:

– на занятый перегон не может выйти другой поезд (для повышения пропускной способности перегоны дробятся на участки);

– движение осуществляется только поездами (пассажирскими, грузовыми, почтовыми, смешанными), которые переформируются по маршруту движения;

– грузы следуют между сортировочными станциями, на которых переформируются поезда;

– управление транспортным процессом производится через диспетчерский центр;

– смена бригады паровоза производится через 100–120 км (забор воды необходим через 600–800 км). Современная тяга позволяет менять

бригаду через 200–300 км, а локомотив – через 1000 км. Смена осуществляется в течение 15–20 мин;

- перевозка проходит при разной ширине колеи;
- отправки грузов – повагонные, мелкопартионные, поездные или маршрутными поездами.

Отправки маршрутными поездами характерны для перевозки угля и других массовых навалочных грузов от мест добычи до потребителей, например на электростанции, или при перевозке контейнеров чаще по специально разработанному расписанию (с ускоренной доставкой).

Проблемы и тенденции развития железнодорожного транспорта:

- повышение производительности, прежде всего путем создания резерва пропускной и провозной способностей (сейчас 70 % железных дорог страны – однопутные, 80 % железнодорожной сети имеет максимальный коэффициент грузонапряженности) и повышения скорости движения (рекорд скорости на отечественных железных дорогах – около 200 км/ч). Высокоскоростной поезд TGV (Франция) установил мировой рекорд скорости – 515 км/ч, скорость его эксплуатации на дорогах Франции и Европы – 300 км/ч. Скорость может быть повышена благодаря замене типа тяги, например, на газотурбинную, паротурбинную, атомную. Высокие скорости достигаются также благодаря изменению дизайна на более обтекаемый;

- увеличение темпов электрификации дорог (сегодня электрифицированных дорог более 40 %; себестоимость электровозов на 15 % ниже, а производительность выше; они экологически менее вредны; условия их управления лучше);

- снижение расхода топлива при повышении скорости, что достигается уменьшением общего веса поезда (например, в Германии при изготовлении вагонов применяют стеклопластик, который облегчает вес поезда на 20 %);

- выравнивание путей, особенно при увеличении скорости, так как при радиусах закругления 300 м скорость для безопасного движения не должна превышать 70 км/ч, а при радиусе 1000 км – 132 км/ч;

- внедрение тяжеловесных составов (оптимальный вес около 10 тыс. т – обеспечивает минимальные эксплуатационные затраты), новых типов подвижного состава грузоподъемностью 120 т (8-осные вагоны с повышенными прочностными характеристиками);

- создание специализированных вагонов для разнообразной номенклатуры грузов (сейчас уровень специализации около 30 %);

- механизация мест для формирования поездов (горки);

- укладка рельсов тяжелого типа и бесстыковочных путей, необходимая для повышения скоростей (путь составляет до 55 % капитальных вложений в железнодорожный транспорт);

- повышение уровня автоматизации погрузочно-разгрузочных работ;



- удлинение платформ;
- внедрение контейнерной и пакетной технологий, особенно для мультимодального сообщения, а также двухэтажных вагонов, которые дают увеличение посадочных мест на 45 % при экономии ресурсов на 25 % на 1 пассажироместо (в России в 1837 г. на Царскосельской дороге эксплуатировался двухэтажный вагон).

Существует проблема перевода короткопробежных перевозок с железнодорожного на другие виды транспорта при возможности и целесообразности, и рынок способствует ее решению.

Решаются вопросы информационной обеспеченности. В помощь диспетчерам развиваются информационно-вычислительные центры железнодорожного транспорта, системы оперативного слежения за поездами и их формированием по пути следования, дорожная информационная система контроля и управления оперативной работой сети железных дорог (ДИСКОР) и др.

Классификация подвижного состава железнодорожного транспорта представлена на рис.9.



Рис. 9. Классификация подвижного состава железнодорожного транспорта

## 5.2. Верхнее строение, пути и подвижной состав железных дорог

Верхнее строение пути служит для направления движения подвижного состава, восприятия силовых воздействий от его колес и передачи их на нижнее строение пути. Верхнее строение пути представляет собой комплексную конструкцию, включающую балластный слой, шпалы, рельсы и рельсовые скрепления, противоугоны, стрелочные переводы, мостовые и переводные брусья (рис. 10).

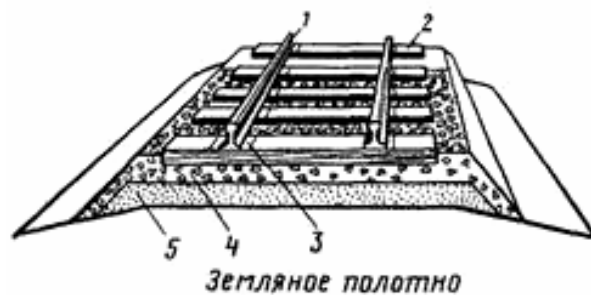


Рис. 10. Элементы верхнего строения пути:  
1 – рельсы; 2 – шпалы; 3 – промежуточные рельсовые скрепления;  
4 – щебеночный балласт; 5 – песчаная подушка

Рельсы, соединенные со шпалами, образуют рельсошпальную (путевую) решетку. При этом шпалы заглубляются в балластный слой, укладываемый на основную площадку земляного полотна.

Толщина балластного слоя, а также расстояние между шпалами должны быть такими, чтобы давление на земляное полотно не превышало величины, обеспечивающей его упругую осадку, исчезающую после снятия нагрузки. Работа верхнего строения пути как единой конструкции видна из рис. 11.

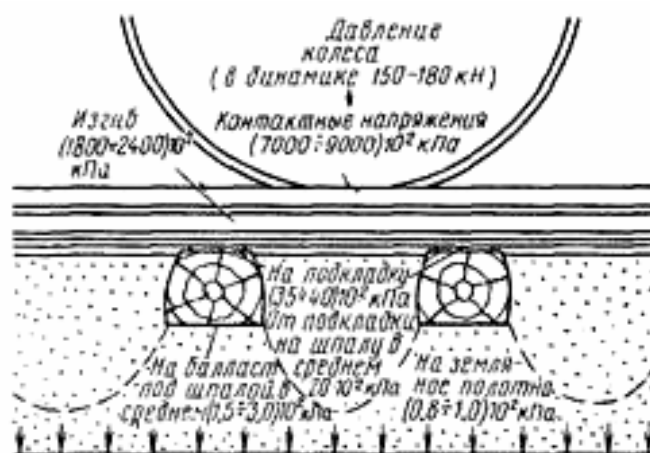


Рис. 11. Схема передачи сил давления от колес на земляное полотно

По мере удаления вниз от места непосредственного контакта пути с подвижным составом давление рассредоточивается на все большую площадь, и на земляное полотно уже передается почти равномерное давление примерно  $0,8-10^2$  кПа. Верхнее строение пути работает в сложных условиях, подвергаясь воздействию проходящих поездов, атмосферных осадков, ветра, колебаний температуры, при этом оно должно быть достаточно прочным, устойчивым, долговечным и экономичным. В зависимости от грузонапряженности на магистральных железных дорогах установлены три типа верхнего строения пути (табл. 4).

Т а б л и ц а 4

Типы верхнего строения пути

Тип верхнего строения пути	Грузонапряженность, млн.т.км/км в год	Округленная масса рельсов на главных путях, кг/м	Род и тип шпал	Число шпал на 1 км, шт.		Род балласта
				на прямых	на кривых при $R \leq 1200$ и при $v > 120$ км/ч $R > 1200$ м	
Особо тяжелый	Более 50	75	Железобетонные и деревянные пропитанные I типа	1840	2000	Щебень на песчаной подушке, асбестовый
Тяжелый	25–50	65	То же	1840	2000	То же
Нормальный	до 25	50	То же	1840	2000	То же, а также карьерный гравий, ракушка

**Балластный слой.** Основным назначением балластного слоя являются восприятие давления от шпал и равномерное распределение его на основную площадку земляного полотна, обеспечение устойчивости шпал под воздействием вертикальных и горизонтальных сил, обеспечение упругости подрельсового основания и возможности выправки рельсошпальной решетки в плане и профиле, отвод от нее поверхностных вод.

Балластный слой не должен задерживать на своей поверхности воду, предохранять основную площадку от переувлажнения. Материал для балласта должен быть прочным, упругим, устойчивым под нагрузкой и атмосферными воздействиями, дешевым. Кроме того, он не

должен дробиться при уплотнении, пылить при проходе поездов, раздвигаться ветром, размываться дождями, прорастать травой. В качестве балласта используют сыпучие, хорошо дренирующие упругие материалы: щебень, гравий, песок, отходы асбеста, ракушечник. Лучшим материалом для балласта является щебень из естественного камня, валунов и гальки.

**Путевой щебень**, применяемый на железных дорогах России, выпускают двух основных фракций с размерами частиц от 25 до 60 и от 25 до 50 мм. Для балластировки станционных путей и строительных целей стандартом предусмотрен также выпуск мелкого щебня фракции от 5 до 25 мм. Щебень хорошо пускает воду, не смерзается в зимнее время, оказывает в 1,5 раза большее сопротивление продольному сдвигу и допускает в 2 раза большее вертикальное давление по сравнению с песчаным балластом, превышает срок службы балласта из любого другого материала. Однако щебень быстрее загрязняется различными сыпучими материалами (углем, торфом, рудой), рассыпаясь на путь при перевозках. Для предохранения щебня от загрязнения грунтом при вдавливании в земляное полотно, а также для уменьшения расхода щебня его укладывают на песчаную подушку.

**Гравийный и гравийно-песчаный** балласт получают в результате разработки естественно образовавшихся отложений гравия и крупнозернистого песка. Такой балласт дешевле щебня, меньше загрязняется, но, вместе с тем, менее устойчив к нагрузкам, хуже пропускает воду и может смерзаться в зимнее время.

**Асбестовый балласт** представляет собой отходы асбестового производства в виде раздробленных горных пород с присутствием мелких свободных волокон асбеста. При достаточно высокой несущей способности, малой засоряемости, больших удобствах выправки пути асбестовый балласт имеет и недостатки – сильно пылит при высоких скоростях движения и недостаточно устойчив против размыва ливневыми дождями.

**Ракушка**, как балласт, имеет местное значение и применяется только на малодеятельных линиях. Песчаный балласт является наименее хорошим из балластов, поэтому его применяют только на малодеятельных линиях, станционных путях и в качестве подушки под щебеночный и асбестовый балласт. Балластный слой укладывается в путь в виде призмы (рис. 12), которая имеет откосы крутизной, как

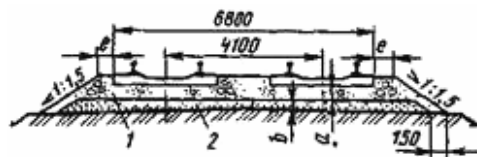


Рис. 12. Поперечный профиль балластной призмы для главных путей двухпутной линии:  
1 – щебень, 2 песок

правило, 1:1,5 и верхнюю часть, ширина которой устанавливается техническими условиями.

Основные размеры балластной призмы в зависимости от типа верхнего строения пути даны в табл. 5.

Т а б л и ц а 5

Основные размеры балластной призмы в зависимости от типа верхнего строения пути

Тип верхнего строения пути	Размер, см		
	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>e</i>
Нормальный	25/30*	20	25
Тяжелый	30/35	20	35
Особо тяжелый	35/40	20	45
* Числитель – для деревянных, знаменатель – для железобетонных шпал			

На линиях скоростного движения пассажирских поездов путь должен укладываться на щебеночный балласт с размерами призмы не менее установленных для тяжелого типа верхнего строения пути, а при грузонапряженности свыше 50 млн т-км/км в год ширина балластной призмы дополнительно увеличивается еще на 20 см, а толщина – на 5 см. Наименьшая толщина балластного слоя под шпалами на приемоотправочных путях станций принята 30 см, а на прочих станционных путях – 25 см. Все основные направления сети железных дорог России имеют на главных путях щебеночный балласт. В процессе эксплуатации балласт загрязняется, что ухудшает его дренирующие свойства. В связи с этим щебеночный балласт периодически очищают, а гравийный и песчаный заменяют и пополняют. Для снижения затрат труда на устранение расстройств балластного слоя и повышения его стабильности применяют обработку щебня вяжущими полимерными материалами. Для уменьшения засорения балласта и снижения потерь грузов в пути запрещена погрузка сыпучих грузов в вагоны с неисправным полом и дверями, погрузка угля с «шапкой», которая сдувается ветром и осыпается на путь. Применяется обработка сыпучих грузов в вагонах после погрузки специальными растворами, образующими прочную пленку, препятствующую выдуванию груза.

**Шпалы** являются основным видом подрельсовых оснований и служат для восприятия давления от рельсов и передачи его на балластный слой. Кроме того, шпалы предназначены также для крепления к ним рельсов и обеспечения постоянства ширины колеи. Помимо шпал, к подрельсовым основаниям относятся мостовые и переводные брусья, отдельные опоры в виде полушпал, а также сплошные опоры в виде

плит и рам. Шпалы должны быть прочными, упругими, дешевыми и обладать достаточным сопротивлением электрическому току. Материалом для шпал служат дерево, железобетон, металл. Около 90 % всех шпал на железных дорогах мира составляют деревянные, пропитанные масляными антисептиками. Достоинствами этих шпал являются легкость, упругость, простота изготовления, удобство крепления рельсов, высокое сопротивление токам рельсовых цепей. Недостатками деревянных шпал являются сравнительно небольшой срок службы (15–18 лет) и значительный расход деловой древесины. Для изготовления деревянных шпал обычно используются сосна, ель, пихта, лиственница, реже кедр, бук, береза.

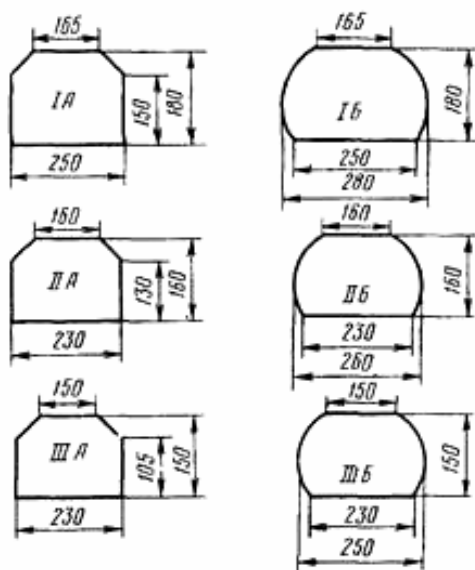


Рис. 13. Поперечные профили деревянных шпал

По форме поперечного сечения деревянные шпалы изготовляют двух видов: обрезные А, опиленные с четырех сторон, и брусковые Б, имеющие опиленные поверхности только сверху и снизу. Это позволяет использовать для изготовления шпал бревна различных диаметров. Как обрезные, так и брусковые шпалы могут быть трех типов (рис. 13).

Тип I предназначен для главных путей магистральных железных дорог, тип II – для станционных и подъездных путей и тип III – для путей промышленных предприятий. Стандартная длина деревянных шпал 2750 мм, а для особо грузонапряженных участков изготовляют шпалы длиной 2800 мм. До 1967 г. шпалы изготовляли длиной 2700 мм. Начиная с 1957 г. на железных дорогах страны получили широкое применение железобетонные шпалы с предварительно напряженной арматурой (рис. 14).

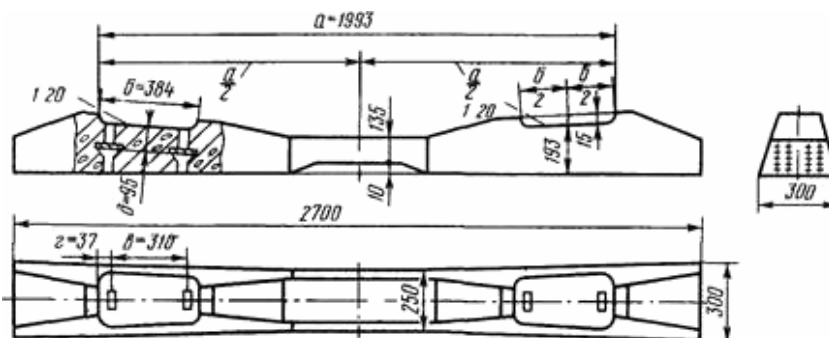


Рис. 14. Железобетонная шпала

К недостаткам железобетонных шпал относятся большая масса, токопроводимость, высокая жесткость, сложность крепления рельсов к шпале. Для повышения упругости пути на железобетонных шпалах под рельсы укладывают амортизирующие прокладки. Во избежание утечки электрического тока рельсовые скрепления имеют специальную конструкцию с электроизоляционными деталями. Железобетонные шпалы изготавливают из тяжелого бетона с арматурой из стальной углеродистой холоднотянутой проволоки периодического профиля диаметром 3 мм. Металлические шпалы не получили в нашей стране распространения из-за большого расхода металла, подверженности коррозии, электропроводности, большой жесткости и неприятного шума при движении поездов. Порядок расположения шпал по длине рельсового звена называют эapurой шпал. На железных дорогах России применяют четыре эапуры, соответствующие укладке, 1440, 1600, 1840 и 2000 шпал на 1 км пути. На опытных участках железных дорог проходят испытания блочные железобетонные подрельсовые основания в виде сплошных плит и рам (рис. 15). Предполагается, что такие конструкции повысят стабильность пути и уменьшат загрязнение балласта. На станциях метро и при устройстве смотровых канав в депо вместо сплошных шпал используются полушпалы, втопленные в бетон.



Рис. 15. Путь на блочном железобетонном основании из плит

**Рельсы** предназначены для направления движения колес подвижного состава, восприятия нагрузки от него и передачи ее на шпалы. Кроме того, рельсы используются на участках с автоблокировкой как проводники сигнального тока, а при электротяге – обратного тягового тока. Для надежной работы рельсы должны быть достаточно прочными, долговечными, износоустойчивыми, твердыми и в то же время нехрупкими, так как они воспринимают ударно-динамическую нагрузку. Материалом для рельсов служит высокопрочная углеродистая сталь. В зависимости от массы и поперечного профиля рельсы подразделяются на типы Р50, Р65 и Р75. Буква Р означает «рельс», а цифра – округленную массу 1 м в килограммах. До 1962 г. в путь укладывали также рельсы типа Р43. Поскольку наибольшее воздей-

ствии на рельс оказывает вертикальная нагрузка, стремящаяся изогнуть его, наиболее рациональной формой рельса считается двутавровая, обеспечивающая одновременно и меньший расход металла. Основные размеры рельсов разных типов даны в табл. 6.

Таблица 6

Размеры рельсов разных типов

Тип рельса	Масса, кг/м	Размеры, мм					
		Высота			Ширина головки понизу	Толщина шейки	Ширина подошвы
		рельса	головки	подошвы			
Р75	74,41	192	55,3	32,3	75	20	150
Р65	64,72	180	45	30	75	18	150
Р50	51,67	152	42	27	72	16	132

Профиль рельса представлен на рис. 16.

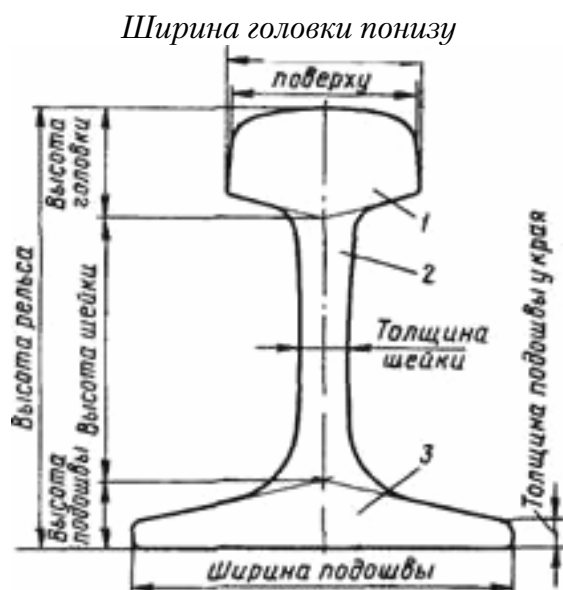


Рис. 16. Профиль рельса:  
1 – головка рельса; 2 – шейка; 3 – подошва

Выбор того или иного типа рельсов зависит от грузонапряженности линии, нагрузок и скоростей движения поездов. На линиях скоростного движения пассажирских поездов укладывают рельсы Р65. Рельсы выпускают стандартной длины 25 м. Кроме того, для укладки в кривых изготавливают укороченные рельсы длиной 24,92 и 24,84 м. В качестве уравнивающих рельсов при бесстыковом пути, а также при укладке стрелочных переводов используют рельсы прежней стандартной длины (12,5 м) и укороченные (12,46; 12,42 и 12,38 м). Сроки службы рельсов измеряются количеством проследовавшего по ним тоннажа и в среднем



до их перекладки составляют: для термически упрочненных рельсов Р65 – 500 млн т брутто, а для Р50 – 350 млн т. Срок службы рельсов Р75 примерно на 30 % выше, чем для Р65. Повышение сроков службы рельсов достигается комплексом взаимосвязанных мероприятий: увеличением массы рельсов, повышением качества рельсовой стали, ее термоупрочнением и легированием, совершенствованием поперечных профилей, улучшением условий работы рельсов за счет бесстыкового пути, шлифовки поверхности катания и смазки боковой рабочей грани головки в кривых и др. Для замены выявленных дефектных рельсов на каждом километре пути имеется так называемый километровой запас рельсов, хранящихся на специальных станках.

**Рельсовые скрепления. Противоугоны.** Рельсовый путь представляет собой две непрерывные рельсовые нити, расположенные на определенном расстоянии друг от друга. Это обеспечивается за счет крепления рельсов к шпалам и отдельных рельсовых звеньев между собой. Рельсы к шпалам крепят с помощью промежуточных скреплений, которые должны обеспечивать надежную и достаточно упругую связь рельсов со шпалами, сохранять постоянство ширины колеи и необходимую подуклонку рельсов, не допускать продольного смещения и опрокидывания рельсов. При железобетонных шпалах они должны, кроме того, обеспечивать электрическую изоляцию рельсов и шпал. Промежуточные скрепления бывают трех основных видов: нераздельные, смешанные и отдельные (рис. 17–18). При нераздельном скреплении рельс и подкладки, на которые он опирается, крепятся к шпалам одними и теми же костылями или шурупами, а при смешанном скреплении подкладки, кроме того, крепятся к шпалам дополнительными костылями. Смешанное костыльное скрепление с клинчатыми подкладками с уклоном 1:20 широко распространено на дорогах нашей страны. Его преимуществами являются простота конструкции, небольшая масса, сравнительная легкость зашивки, перешивки и разборки пути. Однако такое скрепление не гарантирует постоянства ширины колеи и способствует механическому износу шпал.

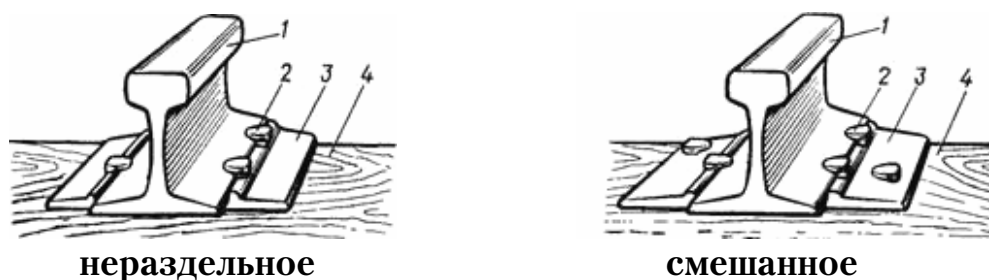


Рис. 17. Промежуточные костыльные скрепления для деревянных шпал:  
1 – рельс; 2 – костыль; 3 – подкладка; 4 – шпала

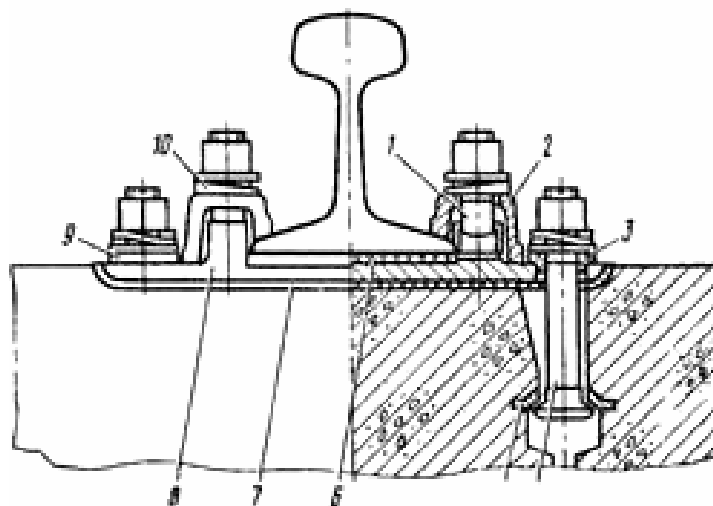


Рис. 18. Раздельное крепление типа КБ для железобетонных шпал:  
 1 – клеммный прижимной болт;  
 2 – клемма; 3 – изолирующая втулка; 4 – закладной болт;  
 5 – анкерная шайба;  
 6 – прокладка; 7 – резиновая подкладка; 8 – подкладка металлическая; 9 –  
 плоская шайба;  
 10 – шайба пружинная двухвитковая

При раздельном креплении рельс крепится к подкладкам жесткими или упругими клеммами и клеммными болтами, а подкладки к шпалам – болтами или шурупами (рис. 19).

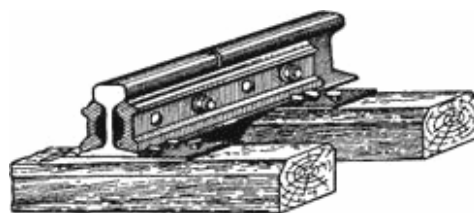


Рис. 19. Двухголовая накладка в стыке на весу

Достоинствами раздельных креплений являются возможность смены рельсов без снятия подкладок, большое сопротивление продольным усилиям, обеспечение постоянства ширины колеи. Поэтому постепенно переходят к нему, хотя оно несколько дороже и сложнее по конструкции. Кроме того, раздельное крепление не требует дополнительного закрепления пути от угона и дает снижение эксплуатационных расходов по сравнению с другими видами креплений. Соединение рельсовых звеньев между собой осуществляется с помощью *стыковых* креплений, основными элементами которых являются накладки, болты с гайками и пружинные шайбы. Стыковые накладки предназначены для соединения рельсов и восприятия в стыке изгибающих и поперечных сил. Двухголовые накладки изготавливают из высокопрочной стали и подвергают закалке. Болты, как и накладки, должны обладать высокой прочностью. Под их гайки для обеспечения постоянного натяжения подкладывают пружинные шайбы. В последнее время переходят на применение шестидырных накладок. По расположению относительно шпал различают стыки на

весу, на шпалах и на сдвоенных шпалах. В качестве стандартных приняты стыки на весу, обеспечивающие большую упругость и удобство подбивки балласта под стыковые шпалы. Так как с изменением температуры длина рельсов меняется, между торцами рельсов в стыках остаются зазор, наибольшая величина которого во избежание сильных ударов колес подвижного состава не должна превышать 21 мм. Каждой температуре рельсов соответствует определенный стыковой зазор:

$$l_з = \gamma l_p (t_{\max} - t), \quad (3)$$

где  $\gamma$  – коэффициент линейного расширения стали;

$l_p$  – длина рельса, м;

$t_{\max}$  – наибольшая температура в данной местности;

$t$  – температура укладки рельса.

Для возможности некоторого перемещения концов рельсов в стыках болтовые отверстия в рельсах делали овальными (большой диаметр вдоль рельса) или круглыми, но большего диаметра, чем болты. Вновь выпускаемые рельсы имеют круглые отверстия, что повышает прочность рельсов и упрощает технологию их изготовления.

На линиях с автоблокировкой на границах блок-участков устраивают изолирующие стыки (рис. 20), чтобы электрический ток не мог пройти от одного из соединяемых рельсов к другому.

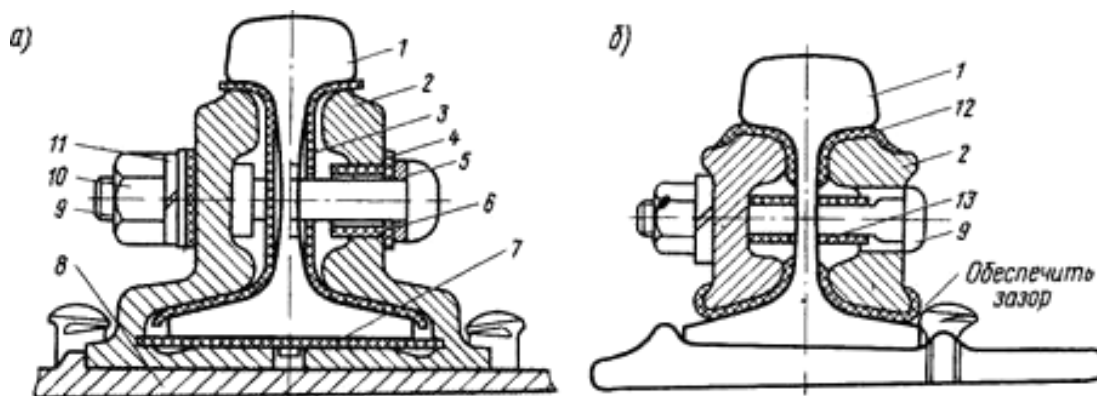


Рис. 20. Поперечный разрез изолирующего стыка:

- а – с объемлющими металлическими накладками; б – клееболтового;
- 1 – рельс; 2 – накладка; 3 – прокладка боковая; 4 – планка и фибры или полиэтилена под болты; 5 – стопорная планка; 6 – втулка;
- 7 – изолирующая прокладка нижняя; 8 – подкладка; 9 – болт стыковой; 10 – гайка; 11 – шайба; 12 – изоляция из стеклоткани, пропитанной эпоксидным клеем; 13 – изоляция на болте

Существует два типа изолирующих стыков: с металлическими объемлющими накладками и клееболтовые. В стыках первого типа изоляцию обеспечивают постановкой прокладок и втулок из фибры,

текстолита или полиэтилена. В стыковом зазоре также ставится прокладка из текстолита или трикопа, имеющая очертания рельса. В последнее время все шире применяются клееболтовые стыки, в которых металлические стыковые накладки, изолирующие прокладки из стеклоткани и болты с изолирующими втулками склеиваются эпоксидным клеем с концами рельсов в монолитную конструкцию. На линиях с электрической тягой и автоблокировкой для беспрепятственного прохождения через стык тока ставят специальные стыковые соединители. Под действием сил, которые создаются при движении поездов по рельсам и в особенности при торможении на затяжных спусках, может происходить продольное перемещение рельсов по шпалам или вместе со шпалами по балласту, называемое угоном пути. На двухпутных участках угон происходит по направлению движения, а на однопутных линиях угон бывает двусторонний. Наилучшим способом предотвращения угона пути является применение щебеночного балласта и отдельных промежуточных креплений, которые обеспечивают достаточное сопротивление продольному перемещению рельсов и не требуют дополнительных средств закрепления. При нераздельном и смешанном скреплениях для предотвращения угона пути применяют **противоугоны** (рис.21–22).

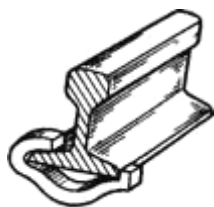


Рис. 21. Пружинный противоугон

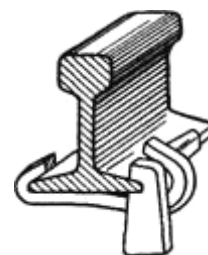


Рис. 22. Самозаклинивающийся противоугон

Стандартные противоугоны – это пружинные, представляющие собой пружинную скобу, защемляемую на подошве рельса и упирающуюся в шпалу. Самозаклинивающийся противоугон состоит из скобы и клина с упором, который прижимается к шпале и при перемещении рельса заклинивается все сильнее. Пружинные противоугоны легче клиновых, состоят из одной детали, хорошо работают как на однопутных, так и на двухпутных линиях, уход за ними требует меньших затрат рабочей силы. Противоугоны устанавливают от 18 до 44 пар на 25-метровом звене.

**Бесстыковой путь.** С начала 50-х гг. на железных дорогах все шире внедряется бесстыковой путь, являющийся наиболее прогрессивной и совершенной конструкцией. За счет устранения стыков снижается динамическое воздействие на путь, существенно уменьшаются износ

колес подвижного состава и сопротивление движению поездов, что сокращает расход топлива и электроэнергии на тягу поездов. Резкое сокращение числа стыковых скреплений за счет сварки отдельных звеньев в плети дает экономию металла до 1,8 т на каждый километр пути, позволяет снизить расходы на содержание и ремонт пути. Срок службы рельсов бесстыкового пути возрастает примерно на 20 % по сравнению со стыковым, деревянных шпал – на 8–13 %, балласта (до очистки) – на 25 %, а затраты труда на текущее содержание пути снижаются на 10–30 %. Для бесстыкового пути рельсовые плети изготавливают, как правило, из термически упрочненных рельсов Р65 или Р75 стандартной длины, не имеющих болтовых отверстий. Сваривают рельсы электроконтактным способом на стационарных или передвижных контактно-сварочных машинах. Длина сварных плетей на сети железных дорог России обычно принимается не более 800 м, что соответствует длине составов специальных поездов из платформ, оборудованных роликами, которыми плети доставляются на перегон. При необходимости длину плетей увеличивают до 950 м, для чего к плети длиной 800 м на месте укладки приваривают плеть длиной 150 м. Минимальная длина рельсовых плетей равна 250 м, однако при техническом обосновании и в коротких тоннелях применяют и более короткие плети, но не менее 150 м. Между сварными плетями укладывают две-четыре пары уравнильных рельсов длиной 12,5 м или переменной длины (12,5; 12,46; 12,42; 12,38 м) для возможности сезонной регулировки длины плетей перед летними и зимними периодами. Весь комплект уложенных в путь уравнильных рельсов называется уравнильным пролетом. Для обеспечения необходимой прочности пути рельсовые стыки в уравнильных пролетах соединяют только шестидырными накладками и стыковыми болтами из стали повышенной прочности. Одна из основных особенностей бесстыкового пути состоит в том, что хорошо закрепленные рельсовые плети при повышении или понижении температуры не могут изменять свою длину. Из-за этого в них возникают значительные продольные растягивающие или сжимающие силы, достигающие 100–200 кН, которые в жаркую погоду могут привести к выбросу пути в сторону, а в сильный мороз – к излому плети с образованием опасного зазора. Поэтому бесстыковой путь обычно укладывают на железобетонных шпалах с отдельным скреплением и щебеночном балласте. Балластную призму тщательно уплотняют. Существует два способа эксплуатации бесстыкового пути. Первый способ, являющийся наиболее эффективным и широко применяемым, предусматривает закрепление рельсов на постоянный температурный режим эксплуатации. Второй способ, применяемый при

больших перепадах температур по сезонам года, предусматривает сезонные разрядки температурных напряжений с закреплением плетей два раза в год: на летний и зимний режимы. При этом ослабляют скрепления рельсов со шпалами, начиная от концов плети, и снимают уравнильные рельсы. Снятие напряжения в плетях сопровождается удлинением или укорочением их, после чего укладываются новые уравнильные рельсы длиннее или короче прежних. Для повышения эффективности бесстыкового пути стремятся к сокращению числа уравнильных пролетов, на содержание которых уходит до 25 % всех затрат на его эксплуатацию, за счет укладки плетей сверхнормативной длины (более 950 м). После многолетних опытов с 1986 г. разрешена укладка таких плетей с соблюдением ряда дополнительных требований к их изготовлению и эксплуатации. Применение бесстыкового пути особенно эффективно на участках скоростного движения поездов, где к верхнему строению пути предъявляются повышенные требования. Особое внимание при этом уделяется предотвращению и устранению волнообразного износа поверхности катания рельсов, который ликвидируется шлифовкой их специальными рельсошлифовальными поездами. Путь надежно закрепляют от угона. При смешанном скреплении рельсы крепят на каждом конце шпалы пятью костылями.

Подвижной состав железных дорог состоит из локомотивов, вагонов, мотор-вагонных поездов и моторных вагонов. Локомотивы и мотор-вагонные поезда представляют собой тяговый подвижной состав. В зависимости от типа силовой установки локомотивы разделяют на электровозы, тепловозы, газотурбовозы, паровозы, а мотор-вагонные поезда – на электро- и дизель-поезда. По роду выполняемой работы локомотивы подразделяют на пассажирские, грузовые и маневровые; мотор-вагонные поезда используют для пассажирских перевозок. Оборудование электровозов и тепловозов может быть размещено в одном или нескольких кузовах (секциях), поэтому существуют одно-, двух-, трех- и четырехсекционные локомотивы. В зависимости от количества и расположения движущих и поддерживающих осей ходовой части локомотивы классифицируют по осевым характеристикам – типам. Каждому вновь построенному типу локомотива или мотор-вагонного поезда присваивают наименование или, как принято говорить, «серию».

**Электровоз** представляет собой локомотив, работающий при помощи электрической энергии, подводимой к нему от тяговых подстанций по контактному проводу, подвешенным вдоль железнодорожных путей. Получаемая электрическая энергия в тяговых двигателях преобразуется в механическую, которая приводит электровоз в движение. На

наших железных дорогах работают электровозы постоянного тока напряжением 3000 В и переменного тока напряжением 25000 В. Электровоз состоит из кузова, экипажной части и электрооборудования. Кузов электровоза служит для размещения электрического оборудования и вспомогательных машин. По концам кузова односекционного электровоза расположены кабины управления, на двухсекционных электровозах предусматривается по одной кабине в голове секции. На крыше кузова смонтированы токоприемники, высоковольтное оборудование, воздушные резервуары. Кузов опирается на экипажную часть, состоящую из двух двухосных или трехосных тележек с рессорным подвешиванием и тормозным оборудованием. На тележках установлены тяговые электродвигатели. Электровозы имеют высокие экономические показатели и ряд технических преимуществ по сравнению с другими видами локомотивов – прежде всего это высокая надежность и возможность сосредоточить большую мощность в одном электровозе. В настоящее время на железных дорогах России электровозами выполняется основной объем перевозок. Электровозы отечественного производства обозначают буквами ВЛ, в честь В.И. Ленина, за буквами следует нумерация серии: для электровозов постоянного тока от ВЛ8 до ВЛ39, переменного тока – от ВЛ40 до ВЛ99. Кроме того, на железных дорогах России работают пассажирские электровозы чехословацкого производства, серии которых обозначены буквами ЧС.

**Тепловоз** – это локомотив, источником энергии которого является двигатель внутреннего сгорания – дизель. Так как дизельный двигатель без промежуточной передачи между ним и колесами тепловоза не может обеспечить трогание поезда с места, тепловозы оборудуют электрической, гидравлической или механической передачей. Большинство отечественных магистральных тепловозов оборудованы электрической передачей, при которой дизель приводит в действие генератор, вырабатываемый генератором электрический ток поступает к тяговым электродвигателям, приводящим тепловоз в движение. Оборудование тепловоза: дизель, генератор, система охлаждения и вспомогательные машины – размещаются в кузове тепловоза.

В кузове тепловоза также расположены одна или две кабины управления. В трех- и четырехсекционных тепловозах средние секции не имеют кабин управления. Экипажная часть магистральных тепловозов состоит из двух трехосных или двухосных тележек с рессорным подвешиванием, тормозным оборудованием и тяговыми электродвигателями при электрической передаче. Будучи автономным локомотивом, тепловоз не зависит от посторонних источников энергии и может проходить большие расстояния без пополнения запасов топлива.

В соответствии с планами реконструкции железнодорожного транспорта России тепловозная тяга внедрена взамен паровой на направлениях, менее грузонапряженных в сравнении с электрической тягой, преимущественно на однопутных линиях.

Новым тепловозам отечественного производства присваивают буквенно-цифровые обозначения серий, в которых первая буква Т обозначает тип локомотива – тепловоз; вторая – вид передачи: Э – электрическая, Г – гидравлическая; третья буква серии указывает род службы тепловоза: П – пассажирский, М – маневровый; следующая за буквенным индексом цифра обозначает вариант конструкторской разработки.

**Паровоз** – это локомотив, оборудованный паросиловой установкой; его работа основана на преобразовании тепловой энергии пара в механическую. Паровоз состоит из котла, паровой машины с движущим механизмом и экипажа. Запас воды и топлива размещают на прицепляемом к паровозу тендере или на самом паровозе. Приготовленный в котле пар поступает в цилиндры паровой машины и приводит в движение поршни. Движущий механизм преобразует поступательное движение поршней во вращательное движение ведущих и сцепных колес паровоза. Экипаж конструктивно связывает котел и машину в одно целое и состоит из рамы с рессорным подвешиванием, движущих, бегунковых и поддерживающих колесных пар. Органы управления паровозом сосредоточены в будке, служащей помещением для паровозной бригады. С момента создания железной дороги паровозы около полутора столетий являлись основным видом локомотива, уступив лишь в середине XX века место более мощным и экономичным электровозам и тепловозам. В нашей стране постройка магистральных паровозов прекратилась в 1956 г. В настоящее время небольшое количество паровозов продолжают выполнять маневровую и вспомогательную работу на малодеятельных линиях и подъездных путях предприятий.

Кроме рассмотренных выше локомотивов, существуют газотурбовозы – локомотивы, имеющие в качестве силовой установки газовую турбину. Эксплуатация газотурбовозов носит опытный характер.

Мотор-вагонные поезда предназначены для перевозок пассажиров на пригородном, межобластном и местном сообщениях. На электрифицированных линиях используют электропоезда, а на участках, обслуживаемых тепловозной тягой, – дизель-поезда.

Электропоезда, как правило, состоят из моторных вагонов, на которых установлены тяговые электродвигатели и электрическая аппаратура, и сцепных вагонов, где смонтирована часть вспомогатель-



ного оборудования, необходимого для совместной работы с моторным вагоном. Силовое оборудование вагонов электропоезда установлено под полом пассажирского помещения и на крыше. Вагоны электропоездов формируют в секции, крайние вагоны секций – головные, имеют кабины управления.

Дизель-поезда формируются также из моторных и прицепных вагонов, но в моторных вагонах, как правило головных, за кабиной машиниста расположено машинное отделение, где установлены дизель и передача – электрическая, гидравлическая или механическая. Вагоны электро- и дизель-поездов – цельно металлической конструкции, каждый вагон опирается на две тележки.

На линиях с небольшими пассажиропотоками, а также для служебных целей используют автомотрисы. Автомотриса представляет собой оборудованный двигателем внутреннего сгорания моторный вагон с пассажирским помещением.

Вагоном называется единица подвижного состава, предназначенная для перевозки пассажиров или грузов. В зависимости от назначения вагоны подразделяют на грузовые и пассажирские. Каждый вагон имеет ходовые части, раму, кузов и тормозное оборудование. По конструкции ходовых частей вагоны подразделяют на двух-, трех-, четырех-, шести- и восьмиосные. У двух- и трехосных вагонов ходовая часть состоит из колесных пар с буксами, их направляющих, и рессорного подвешивания. Ходовая часть четырех-, шести- и восьмиосных вагонов состоит из двухосных или трехосных тележек.

Кузова вагонов имеют различную конструкцию в соответствии с их назначением.

Пассажирский парк составляют вагоны для перевозки пассажиров, почтовые, багажные, вагоны-рестораны и специальные (служебные, вагоны-лаборатории, вагоны-клубы, санитарные и др.). В соответствии с назначением и дальностью перевозок пассажирские вагоны разделяют на вагоны поездов дальнего следования купейные и некупейные, пригородного и межобластного сообщения. Эти вагоны различаются внутренней планировкой и степенью удобств для пассажиров. С момента создания конструкция пассажирских вагонов претерпела значительные изменения, ранее строились двух-, трех- и четырехосные вагоны с деревянными кузовами, в настоящее время на сети железных дорог России эксплуатируются только четырехосные цельнометаллические пассажирские вагоны (ЦМВ).

Грузовой парк включает крытые вагоны, полувагоны, хопперы, платформы, цистерны, вагоны изотермические и специального назначения. В прошлом строились преимущественно двухосные грузовые вагоны с деревянными кузовами, наибольшая грузоподъемность вагона

составляла всего 16 т. В годы первых пятилеток грузовой парк значительно обновился за счет поступления на железные дороги новых четырехосных вагонов. С середины 60-х гг. эксплуатация двухосных вагонов прекращена и грузовой парк железных дорог России состоит из четырехосных и большегрузных шести- и восьмиосных вагонов подъемной силой до 120 т. Последние годы грузовые вагоны строят преимущественно с металлическими сварными кузовами.

Крытые вагоны предназначены для перевозки грузов, требующих защиты от атмосферных осадков. Они имеют крытый кузов, оборудованный люками и задвижными дверями.

Полувагоны используют для перевозки самых разнообразных грузов – угля, руды, песка, лесоматериалов, различного оборудования, машин и др. Полувагоны имеют открытый кузов, обеспечивающий удобство погрузки и выгрузки, а в полу – люки для разгрузки сыпучих материалов.

Разновидностью полувагонов являются хопперы – саморазгружающиеся вагоны для перевозки сыпучих грузов. Открытые хопперы применяются для перевозки щебня, песка и др., в закрытых хопперах перевозят цемент и зерно.

Платформы служат для перевозки длинномерных и громоздких грузов, металлопроката, леса, контейнеров, автомобилей, строительной и сельскохозяйственной техники. Кузов платформы состоит из настила пола и откидных бортов.

Цистерна представляет собой грузовой вагон, кузовом которого является цилиндрический котел с колпаком в верхней части. В цистернах перевозят жидкие и газообразные грузы (нефть, бензин, кислоту, молоко, газ и др.).

Изотермические вагоны служат для перевозки скоропортящихся продовольственных грузов; кузова их имеют тепловую изоляцию и оборудование для охлаждения. По способу охлаждения изотермические вагоны различают на вагоны-ледники и вагоны с машинным охлаждением. Последние бывают в виде отдельных автономных вагонов или рефрижераторных поездов.

Все большее значение в парке грузовых вагонов приобретают вагоны специального назначения, приспособленные для перевозки определенных видов грузов. Строят двухъярусные платформы для легковых автомобилей, вагоны-думпкары с пневматическим наклоном кузова при разгрузке, многоосные вагоны-транспортёры, на которых перевозят тяжеловесные турбины, генераторы, трансформаторы и др. К специальным также относятся вагоны, приспособленные для обеспечения технических нужд железных дорог.

### 5.3. Железнодорожные станции

Железнодорожная станция – основная производственно-хозяйственная единица в системе железнодорожного транспорта, осуществляющая непосредственно связь с клиентурой. Железнодорожная станция – это пункт, разделяющий железнодорожную линию на перегоны или блок-участки. Она представляет собой комплекс сооружений, главным предназначением которых является обеспечение приема отправки, формирования и обслуживания пассажирских и грузовых поездов. Железнодорожная станция в отличие от других железнодорожных объектов (остановочных платформ) имеет ряд обязательных элементов. В первую очередь это путевое хозяйство, которое представляет собой совокупность железнодорожных путей. При их большом количестве (на крупных станциях и узлах) они объединяются в парки. Обычно парки или пути в парках различаются по специализации (сортировочный, приемо-отправочный и другие). На любой станции различают главные и дополнительные железнодорожные пути. Главными являются те, которые служат продолжением перегонов. Для проезда по ним нет необходимости переводить стрелки, поэтому чаще всего они используются для составов, движущихся без остановки. Обязательным элементом путевого хозяйства станции является путевое развитие, то есть все пути соединены между собой системой стрелок. Полезная длина пути ограничивается специальными столбиками и, нередко, светофорами.

Другой составляющей железнодорожной станции является грузовое хозяйство. Именно благодаря ему осуществляются все операции с грузами. К объектам грузового хозяйства относятся погрузочно-выгрузочные пути, терминалы, склады, сортировочные горки и т.д. Сигнализация, централизация и блокировка (СЦБ) на станциях включают в себя электрическую централизацию стрелок и светофоров. На крупных станциях они управляются с пункта ЭЦ, на промежуточных – с единого для всего участка пункта ДЦ. Для сортировочных горок устанавливается специальная система горочной автоматической централизации (ГАЦ). К объектам станции, предназначенным для пассажиров, относятся здания вокзалов, перроны и пешеходные мосты. Основными функциями станций являются прием, отправление и обгон поездов, обслуживание пассажиров, прием и выдача грузов, багажа и грузобагажа. На наиболее крупных станциях могут выполняться маневровые работы по расформированию и формированию поездов.

Железнодорожная станция – объект железнодорожного транспорта, имеющий путевое развитие, позволяющее производить операции по приёму, отправке, скрещению и обгону поездов.

Обязательными элементами станции являются:

1. Путевое хозяйство – состоит из совокупности железнодорожных путей, как правило, объединенных в парки. Как парки, так и пути в парках могут иметь определенную специализацию (например, сортировочный парк, приемо-отправочный парк и т.д.). Нумерация путей осуществляется вверх и вниз от главных (по которым, как правило, осуществляется пропуск поездов без остановки) с соблюдением четности и нечетности нумерации. Между собой пути соединяются стрелками, которые также нумеруются с одной стороны станции чётными, а с другой нечётными номерами. На пассажирских станциях пути могут быть секционированы, что позволяет принимать на путь два коротко-составных пригородных поезда с различных сторон. В этом случае к номеру пути добавляется буква, однако с точки зрения путевого развития станции данный путь все равно рассматривается как единое целое.

Полезная длина пути ограничивается предельными столбиками и/или светофорами. Тупиковые пути имеют с одной стороны специальный тупиковый упор и используются для служебных целей и отстоя вагонов и локомотивов.

2. Грузовое хозяйство – предназначено для производства грузовых операций и включает в себя погрузочно-выгрузочные пути, терминалы, склады, сортировочные станции и т. д.

3. Системы сигнализации и централизации – предназначены для управления движением поездов посредством стрелок, светофоров. Отдельной системой является горочная автоматическая централизация (ГАЦ), которая предназначена для управления роспуском составов на сортировочных горках в сортировочных станциях.

4. Станционное здание (вокзал), пассажирские перроны.

Железнодорожные станции по основному характеру работы могут быть отнесены к категориям: пассажирская, грузовая, техническая и промежуточная.

1. Пассажирская железнодорожная станция предназначена для осуществления операций по обслуживанию пассажиров и организации движения пассажирских поездов.

2. Грузовая железнодорожная станция предназначена для выполнения грузовых и коммерческих операций с грузами и грузовыми вагонами.

3. Техническая железнодорожная станция предназначена для выполнения технических операций с грузовыми вагонами, составами, поездами для организации перевозок и обеспечения безопасности движения. К техническим станциям относятся железнодорожные станции, на которых операции пассажирской и грузовой работы не являются доминирующими. В зависимости от выполняемых технических операций с грузовыми вагонами, составами или поездами технические железнодорожные станции подразделяются на сортировочные, участковые, предпортовые.

- Сортировочная станция – отдельный пункт, предназначенный для массовой переработки вагонов и формирования составов.

- Участковая станция – отдельный пункт, предназначенный для обработки транзитных грузовых и пассажирских поездов, выполнения маневровых операций по расформированию - формированию сборных и участковых поездов, обслуживания подъездных путей. Пункт смены локомотивов и локомотивных бригад.

- Предпортовая железнодорожная станция служит для накопления вагонов для обслуживания морского порта. На них осуществляется работа по подборке вагонов для судовых партий, приему, расформированию и формированию поездов.

4. Промежуточная станция предназначена в основном для выполнения технических операций по приему, отправлению, обгону, скрещению и пропуску грузовых и пассажирских поездов, маневровых операций по прицепке/отцепке вагонов к сборным поездам.

5. Межгосударственная передаточная станция имеет необходимое путевое развитие, технические устройства и персонал, обеспечивающие работу по передаче транспортных средств между государствами в техническом и коммерческом отношении с выполнением видов государственного контроля. На них оформляются передаточные ведомости и формируются необходимые сообщения в ИВЦ дороги для ведения учета передачи и номерного наличия вагонного парка.

6. Узловая станция – промежуточная станция, участковая станция или сортировочная станция, к которой примыкает не менее трёх железнодорожных направлений.

7. Станция стыкования – отдельный пункт, соединяющий направления, электрифицированные разными родами тока. В секции контактной сети таких станций можно подавать ток любой системы с помощью переключателей.

Для определения размера бюджетных расходов железнодорожной станции, в том числе по фонду заработной платы, в зависимости от объема и сложности грузовых, пассажирских и технических операций

все железнодорожные станции подразделяются на шесть классов: внеклассные и I, II, III, IV, V классов.

### Контрольные вопросы

1. Назовите основные технико-эксплуатационные особенности и достоинства железнодорожных путей сообщения и железнодорожного транспорта.

2. Раскройте относительные недостатки железнодорожного транспорта.

3. Рассмотрите проблемы и тенденции развития железнодорожного транспорта.

4. Расскажите о классификации подвижного состава железнодорожного транспорта.

5. Для каких целей служит верхнее строение пути и что оно собой представляет?

6. Сколько типов верхнего строения пути установлено на магистральных железных дорогах в зависимости от их грузонапряженности?

7. Каким видом подрельсовых оснований являются шпалы и для чего они служат?

8. Для каких целей предназначены рельсы?

9. Что представляет собой рельсовый путь?

10. Назовите достоинства отдельных скреплений рельсов.

11. Дайте характеристику бесстыкового пути.

12. Что представляют собой электровоз, тепловоз, паровоз?

13. Что включает в себя грузовой парк?

14. Какие элементы станции являются обязательными?

## 6. АВТОМОБИЛЬНЫЕ ПУТИ СООБЩЕНИЯ: АВТОМОБИЛЬНЫЕ ДОРОГИ

### 6.1. Особенности автомобильного транспорта

**Автомобильный транспорт** – это вид транспорта, осуществляющий перевозку грузов и пассажиров по безрельсовым путям с использованием колесного движителя. Это наиболее массовый вид транспорта для перевозки пассажиров на короткие и средние расстояния. Основная сфера его деятельности – перевозка грузов любой стоимости на небольшие и средние расстояния. Применение современных технологий типа контейнерной расширяет сферу применения автомобильного транспорта по перевозке грузов. Эффективна и перевозка на значительные расстояния в международном сообщении, которое приносит валютную прибыль и ускоряет доставку экспортно-импортных грузов.

В России на 01.01.2000 г. полная протяженность сети автомобильных дорог (общего пользования, ведомственных и частных) составляла 922 тыс. км, из них 751,3 тыс. км (81,5 %) – с твердым покрытием. Дорог общего пользования – 579 тыс. км, из них 525,3 тыс. км (90,7 %) – с твердым покрытием; 40–50 % грузов перевозятся по федеральным дорогам, протяженность которых – 46,4 тыс. км (менее 10 % от сети общего пользования).

Основные технико-эксплуатационные особенности и достоинства автомобильного транспорта:

- маневренность и большая подвижность, мобильность;
- доставка грузов или пассажиров «от двери до двери» без дополнительных перегрузок или пересадок в пути следования;
- автономность движения транспортного средства;
- высокая скорость доставки;
- широкая сфера применения по территориальному признаку, видам груза и системам сообщения;
- более короткий путь следования по сравнению с естественными путями водного транспорта.

Относительные недостатки автомобильного транспорта:

- большая себестоимость;
- большая топливоэнергоёмкость, металлоёмкость;
- низкая производительность единицы подвижного состава (130–150 тыс. т-км в год);
- наибольшая трудоёмкость (на одно транспортное средство требуется не менее одного водителя);
- загрязнение окружающей среды.

Соотношение протяженности автомобильных дорог и выполняемой ими работы показано на рис. 23.

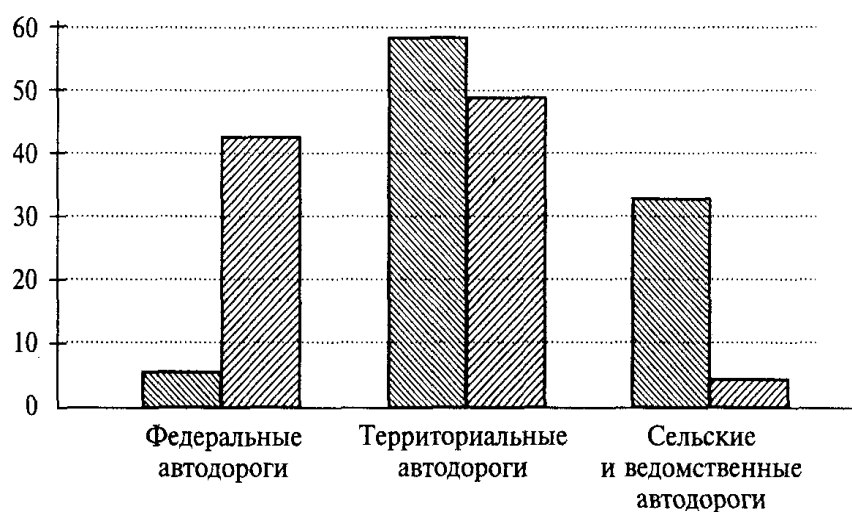


Рис. 23. Соотношение протяженности автомобильных дорог и выполняемой ими транспортной работы

**Технология работы** автомобильного транспорта отличается тем, что производственный процесс осуществляется подвижным составом предприятий общего пользования, ведомственным (обслуживающим преимущественно перевозки данного ведомства) и частным. Этому виду транспорта присуща автономность движения «одиночными» автомобилями, а также автопоездами и автоотрядами по графику или без него. Отправки груза могут быть помашинные или мелкопартионные.

**Проблемы и тенденции развития** автомобильного транспорта: повышение производительности автомобильного транспорта путем увеличения скорости движения; создание новых автомобилей большей грузоподъемности и грузоместимости, необходимых для обслуживания металлургической, угледобывающей, горной и других отраслей промышленности. Максимальная грузоподъемность на сегодня – 600 т. Это автомобили Челябинского завода. Необходимо увеличение моторесурса автомобилей, т.е. пробега их до капитального ремонта. Сейчас автомобили ВАЗ проходят до 130 тыс. км, ГАЗ и КамАЗ – до 400 тыс. км, ЗИЛ – до 300 тыс. км, но иностранные автомобили имеют значительно больший ресурс. Остается проблема полнокомплектного (капитального) ремонта (трудоемкость строительства ЗИЛ-130 составляет 140 нормочасов, а его капитальный ремонт – 360 нормочасов, но после ремонта достигается только 60 % производительности). За рубежом легковые



автомобили не доводят до капитального ремонта, так же как большинство марок грузовых (распродают отдельные элементы на запчасти или отправляют целиком под пресс для получения вторичного сырья, особенно после серьезных аварий). Целесообразным считается капитальный ремонт лишь для особо тяжелых дорогих грузовых автомобилей.

Необходимо снижение трудоемкости транспортного процесса, в том числе путем создания специализированных автомобилей (за рубежом – до 90 % парка), особенно самосвалов и самопогрузчиков, значительно сокращающих время перегрузочных работ, и построения рациональной структуры парка (в европейских странах доля автомобилей особо малой и малой грузоподъемности может составлять 50 %, в нашей стране – не более 15 %, хотя основная сфера автомобильного транспорта – снабжение торговли и бытовой сети города). Необходимо изменение подхода к системам диагностики и технического обслуживания, а также совершенствование конструкции и технических характеристик автомобилей и их двигателей, так как по этим направлениям имеется большое отставание нашей автомобильной промышленности. Для экономии топлива должно быть шире внедрение электроэнергии, газа, водородного и других видов топлива; применение экономически и экологически эффективных двигателей, в том числе роторного двигателя Ванкеля, Стирлинга, форкамерного двигателя и др.; повышение управляемости автомобилем и др.

По-прежнему актуальна «вечная» для России проблема дорог: развитие сети не успевает за увеличением количества транспортных средств. С начала экономических реформ в России парк автомобильного транспорта вырос в 1,6 раза (легковых – на 76 %), а по прогнозам доля грузовых перевозок к 2015 г. увеличится на 30–40 %. Через 5–6 лет должно быть 170 автомобилей на 1000 жителей. Сеть дорог любой страны соответствует уровню экономического развития этой страны. В России необходимо иметь 1,5–2,0 тыс. км дорог. Оптимальной плотностью дорог для нашей страны считается 45–50 км/1000 км<sup>2</sup>, в европейской части страны плотность практически такая, но в среднем по России она составляет 3,82 км/1000 км<sup>2</sup> (для сравнения: в Молдавии – 41,25 км/1000 км<sup>2</sup>, Армении – 35,2 км/1000 км<sup>2</sup>, Грузии – 42,3 км/1000 км<sup>2</sup>, на Украине – 39 км/1000 км<sup>2</sup>, в Латвии – 51 км/1000 км<sup>2</sup>, Бельгии – 375 км/1000 км<sup>2</sup>, Японии – 190 км/1000 км<sup>2</sup>, Германии – 196 км/1000 км<sup>2</sup>, США – 373 км/1000 км<sup>2</sup> внегородских и 690 км/1000 км<sup>2</sup> – с учетом улиц города).

На усовершенствованных дорогах себестоимость перевозок уменьшается в 2–3 раза, срок службы автомобиля увеличивается на 30 %, расход горючего сокращается на 30–50 %; производительность на грунтовых дорогах в 3–4 раза ниже. Данные по расходу топлива на автомобильном транспорте с учетом состояния дорог приведены в табл. 7.

Т а б л и ц а 7

Данные по расходу топлива на автомобильном транспорте  
с учетом состояния дорог

Тип транспортного средства (тип двигателя)	Расход горючего, л, на 100 км			
	Страны Европы	Россия		
		Оптимальные дорожные условия	Неровность покрытия	Движение со скоростью 40 км/ч
Легковой автомобиль (карбюраторный)	8,3	9,7	10,6	16,1
Грузовой автомобиль грузоподъемностью: 0,5–2,0 т (карбюраторный)	10,0	19,0	20,5	25,6
5–8 т (дизельный)	20,0	24,0	27,2	30,0
Автобусы длиной: 6–7 м (карбюраторный)	15,0	23,0	26,0	29,9
10–12 м (дизельный)	22,0	24,5	27,7	32,6

Необходимо увеличение доли дорог 1-й и 2-й категорий (капитальное цементно-асфальтобетонное покрытие; 2–8-полосное движение; наличие заправок, стоянок, освещения, пересечений в разных уровнях и т.д.).

Дизельные двигатели (в России примерно 25 % парка, в Германии – 60 %, во Франции – 50 %) сокращают расход топлива автомобилей на 25–30 %. За рубежом 5 % легковых автомобилей оснащены дизельными двигателями.

Классификация подвижного состава автомобильного транспорта представлена на рис. 24.

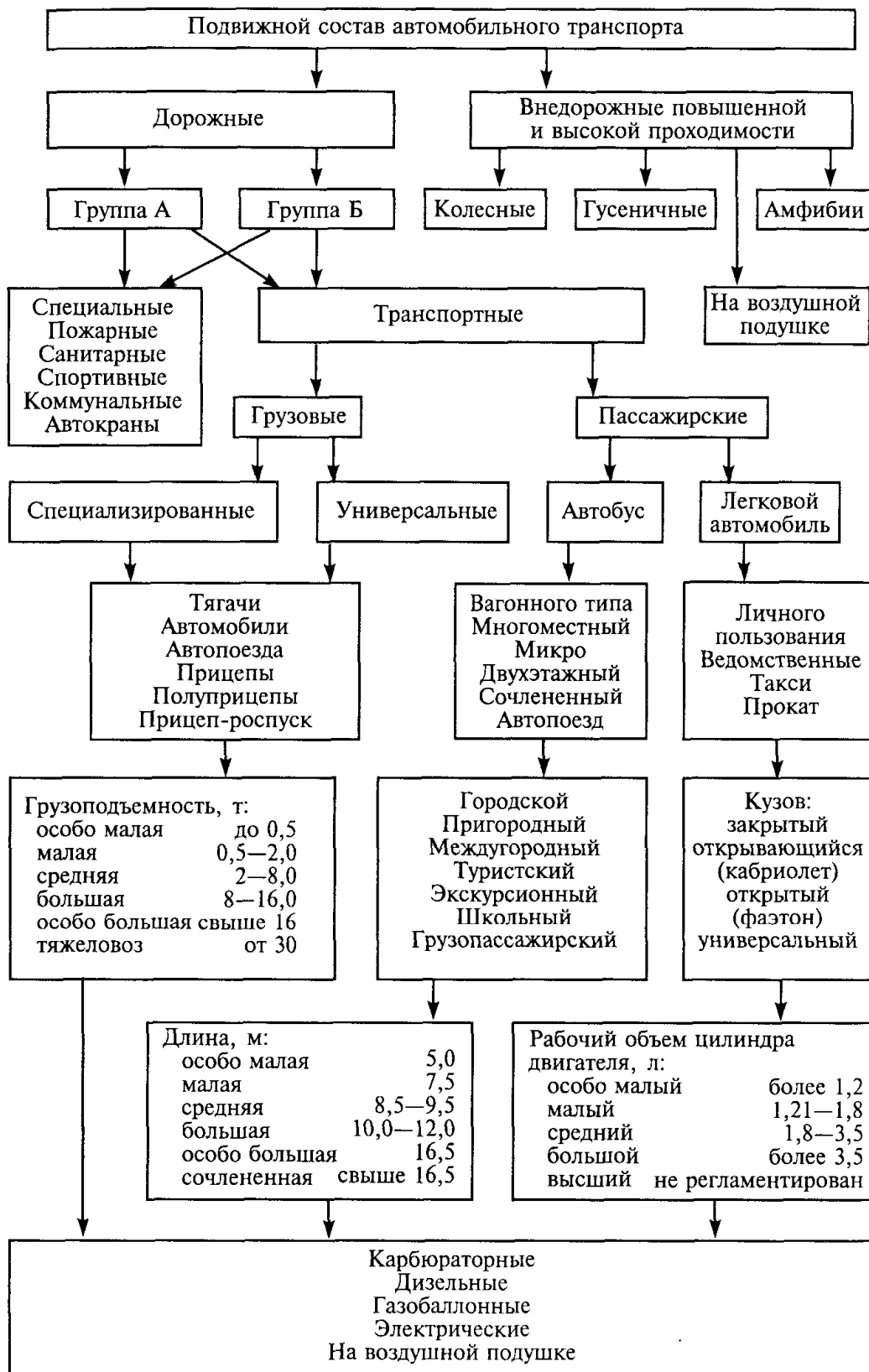


Рис. 24. Классификация подвижного состава автомобильного транспорта

## 6.2. Дорожные условия работы автомобильного транспорта

### 6.2.1. Факторы, влияющие на работу и состояние дороги

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

Строительство любой автомобильной дороги способствует экономическому развитию районов, по которым она проходит: появляются новые населенные пункты, предприятия; активизируются и совершенствуются хозяйственная деятельность, социальная и культурная жизнь существующих населенных пунктов; улучшается связь села с городом, между населенными пунктами, районами и областями. Это приводит к росту интенсивности движения и нагрузок на дорогу, в результате чего ускоряется ее износ.

Автомобильная дорога должна быть прежде всего устойчивой к воздействию нагрузок от автомобилей, для пропуска которых она и предназначается. Автомобильные нагрузки являются динамическими. Действие таких нагрузок особенно опасно для дорожной одежды в период сильного переувлажнения ее основания и земляного полотна. В связи с этим для предупреждения разрушения дорожной одежды в весенний период на дорогах низших категорий ограничивают проезд тяжелых грузовых автомобилей до полного высыхания низа дорожной одежды. Дороги I–III категорий должны обеспечивать проезд в любое время года. Недостаточная прочность земляного полотна дорожной одежды и плохое качество материалов отдельных ее слоев приводят при динамическом воздействии нагрузки к снижению ровности покрытия, появлению на нем волн и выбоин. Все это вызывает значительное снижение скоростей движения. Отрицательное влияние на устойчивость верхнего слоя дорожного покрытия оказывает процесс резкого торможения большегрузных автомобилей. Примером такого отрицательного воздействия являются волны «гребенка» на автобусных и, особенно, троллейбусных остановках.

Основным врагом дороги является вода. Переувлажнение низа дорожной одежды и земляного полотна приводит к быстрому разрушению дороги и нарушению нормального транспортного процесса. Замерзающая вода разрушает верхние слои покрытия. Поэтому одной из основных задач дорожников является обеспечение отвода от дороги

воды как поверхностной, так и грунтовой. Сохранность дороги зависит от эффективности работы всей системы водоотвода.

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

В районах с жарким климатом, высокой температурой на поверхности дорожного покрытия, достигающей порой до 70–80 °С, асфальтобетон размягчается, а в результате проезда автомобилей происходит деформация верхнего слоя покрытия, снижается ровность, резко меняются сцепные качества дорожного покрытия.

Поэтому при проектировании и эксплуатации автомобильных дорог должно детально учитываться влияние на них погодно-климатических условий.

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

### 6.2.2. Особенности взаимодействия дороги и автомобиля

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

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

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

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

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

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

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

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

### 6.2.3. Надежность и проезжаемость автомобильных дорог

Надежность автомобильной дороги характеризуется вероятностью обеспечения среднегодовой технической скорости транспортного потока, близкой к оптимальной в течение нормативного срока (межремонтного периода между капитальными ремонтами дорожной одежды) службы дорожной одежды. Количественно эта вероятность выражается числом автомобилей в составе потока, движущихся со скоростью не ниже оптимальной, отнесенным к общему числу автомобилей.

Можно говорить о надежности отдельных элементов дороги: дорожной одежды, геометрических элементов, искусственных сооружений. Поэтому в понятие надежности автомобильной дороги включается надежность отдельных ее элементов.

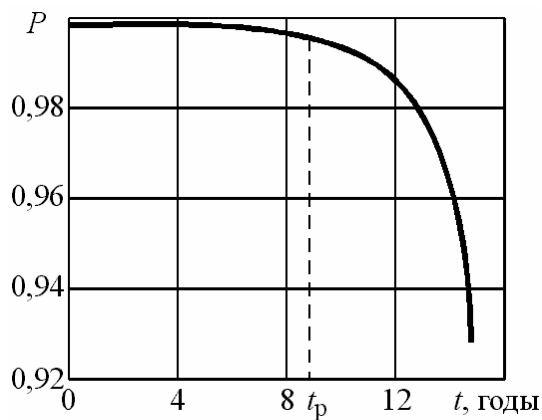


Рис. 25. Изменение надежности дорожной одежды в зависимости от срока службы

В настоящее время наиболее детально вопросы надежности разработаны для дорожных одежд. Основой этого подхода является учет случайных изменений прочностного состояния дорожной одежды. На рис. 25 показан пример изменения надежности усиленной нежесткой дорожной одежды в зависимости от срока ее эксплуатации. На графике видно резкое уменьшение надежности после 12 лет ее эксплуатации. Уменьшение надежности начинается после

расчетного срока службы  $t_p$  дорожной одежды.

При росте интенсивности по геометрической прогрессии расчетный год определяется по формуле

$$t_p = l + \frac{1}{lqq} \lg \left( \frac{1}{T_{сл}} \cdot \frac{q^{T_{сл}} - 1}{q - 1} \right), \quad (4)$$

где  $q$  – знаменатель геометрической прогрессии, описывающий рост интенсивности движения от года к году;

$T_{сл}$  – срок службы, годы.

Кривая, представленная на рис. 25, получена расчетом:

$$p = 1 - r_i, \quad (5)$$

где  $p$  – надежность дорожной одежды по прочности;

$r_i$  – степень деформируемости дорожной одежды;

$$r_i = 1 - \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \int_{K_{np1}}^{K_{np2}} \exp\left[-\frac{(K_{np} - \bar{K}_{np})^2}{2\sigma_k^2}\right] dK_{np}, \quad (6)$$

здесь  $\sigma_k$  – среднее квадратическое отклонение коэффициента прочности на участках с остаточными деформациями;

$\bar{K}_{np}$  – среднее значение коэффициента прочности на участке с остаточными деформациями, в среднем  $\bar{K}_{np} = 0,7$ ;

$K_{np1}, K_{np2}$  – численные значения коэффициентов прочности, в пределах которых определяют величину  $r$ ;

$$K_{np} = E_{\phi}/E_{тр};$$

$E_{\phi}, E_{тр}$  – фактический и требуемый модули упругости.

Надежность тесно связана с понятием *отказа*, под которым понимается событие, заключающееся в потере работоспособности объекта.

Для дорожной одежды под отказом понимается событие, при котором нарушается возможность выполнения транспортным потоком определенной удельной работы (в тонно-километрах за час или сутки). Отказ дорожной одежды может возникнуть при снижении ее прочности, ухудшении ровности и сцепных качеств покрытия дороги. Учитывая, что появление отказов дорожной одежды происходит не сразу, а по мере ее эксплуатации, мероприятия по улучшению состояния дорожных одежд следует выполнять стадийно.

В начальный период эксплуатации дороги уровень ее надежности – наивысший и определяется принятой конструкцией дорожной одежды и основания. В процессе эксплуатации характеристики дорожного покрытия не остаются постоянными, происходит снижение первоначального качества дорожного покрытия.

В момент необходимости капитального ремонта дорожное покрытие достигает своих предельных технических характеристик, при этом дальнейшая эксплуатация дороги становится невозможной, т.е. возникает отказ. Этот момент характеризуется нижним предельно допустимым уровнем надежности. В случае невыполнения средних ремонтов нижний предел наступает быстро вследствие интенсивного прогрессирующего разрушения дорожного покрытия. При выполнении работ по содержанию дорог и средних ремонтов отдалаются сроки проведения капитального ремонта и таким образом увеличивается общий срок службы покрытия. Сроки проведения текущих и средних ремонтов являются технико-экономическим понятием. Путем периодических ремонтов повышается надежность покрытия до экономически целесообразного уровня. Таким образом, возникающие на дороге отказы устраняются ремонтами. Общая долговечность всей дороги



складывается из суммы сроков службы конструкции, определяемых временем наступления промежуточных отказов.

После исчерпания возможностей конструкции по обеспечению требуемых эксплуатационных характеристик на основе ремонтов и содержания необходим перевод этой конструкции в новое качественное состояние на основе реконструкции, т.е. устройства более капитального покрытия.

Рекомендуется следующая зависимость для оценки уровня надежности битумоминерального покрытия:

$$p = \exp\left(-\frac{ht_p}{m}\right), \quad (7)$$

где  $h$  – текущее значение площади, подверженной деформации, тыс. м<sup>2</sup>;  
 $m$  – количество ремонтных бригад;  
 $t_p$  – время, необходимое для ремонта 1000 м<sup>2</sup> покрытия дороги одной бригадой.

Понятие о надежности может быть применено и к таким элементам дороги, как поперечный профиль и геометрические элементы. В этом случае под отказом следует понимать событие, когда интенсивность движения превышает пропускную способность дороги при рассматриваемых дорожных условиях.

В соответствии с теорией надежности надежность дороги в целом оценивается надежностью ее составных элементов (дорожной одежды и покрытия, искусственных сооружений, земляного полотна, геометрических элементов).

Дорога, имеющая несколько полос движения, при небольшой интенсивности движения представляет собой резервируемую систему, в которой исключается полный отказ, так как имеется возможность переключения движения на действующую проезжую часть.

Более узким понятием является проезжаемость дороги. Под проезжаемостью автомобильной дороги понимается возможность проезда одиночных автомобилей различных типов с минимально допустимой скоростью в различные периоды года.

Условия проезда существенно меняются в течение года для одной и той же дороги. Дороги высших категорий должны обеспечивать круглогодичную проезжаемость. На дорогах I категории благодаря оперативному содержанию дороги обеспечиваются практически одинаковые условия проезда как в летний, так и в осенне-зимний периоды. По этим дорогам возможен проезд всех типов автомобилей, выпускаемых отечественной автомобильной промышленностью с нагрузкой, не превышающей расчетную. Ограничения проезжаемости могут быть

только для специальных или сверхтяжелых транспортных средств, имеющих большой вес, так как толщина дорожной одежды и конструкция искусственных сооружений не всегда рассчитываются на пропуск таких нагрузок. В этом случае следует говорить о проезжаемости дороги для рассматриваемого типа транспортных средств.

Дороги более низких категорий имеют ограниченную проезжаемость для разных типов автомобилей. Наличие крутого подъема не влияет на проезжаемость по дороге легковых автомобилей, но оказывает большое влияние на режим движения тяжелых грузовых автомобилей. Проезжаемость дороги при наличии кривых малых радиусов в плане зависит от габаритов автомобилей. Могут возникнуть ситуации, при которых для проезда крупногабаритных автомобилей потребуется осуществление специальных мероприятий по уширению проезжей части.

Дорога может оказаться полностью или частично непроезжаемой для транспортных средств, имеющих большие габариты по высоте.

На некоторых дорогах возможны случаи полного отсутствия проезжаемости вследствие временного затопления в весенний период, заносов снегом зимой.

Характерным случаем отсутствия проезжаемости для отдельных видов транспорта является период появления на некоторых дорогах низких категорий пучин.

Решающее влияние на проезжаемость дорог оказывают погодноклиматические условия. Так, например, появление гололеда приводит к резкому снижению проезжаемости дорог часто на длительные периоды (иногда на 8–12 ч).

Наиболее существенное влияние оказывают погодные условия на проезжаемость грунтовых дорог. В сухое время года эти дороги имеют хорошую проезжаемость, однако в весенний и осенний периоды такие дороги становятся практически непроезжаемыми для обычных автомобилей. На условия проезжаемости таких дорог влияют типы грунтов.

Таким образом, на проезжаемость автомобильных дорог оказывают влияние следующие факторы: состояние и прочность дорожной одежды, состояние проезжей части; погодные и климатические условия.

Опыт эксплуатации дорог с незначительной интенсивностью движения показывает, что с экономической точки зрения имеет смысл закрывать движение на отдельных дорогах низких категорий в неблагоприятные периоды. Этот способ снижения стоимости строительства дорог широко используется дорожниками Индии. Вместо водопропускных труб строятся лотки, обеспечивающие пропуск воды в период

паводка. Большую часть года эти лотки проезжаемы, так как реки оказываются полностью пересохшими.

Весьма полезным является наличие в дорожно-эксплуатационных участках карт или схем степени проезжаемости дорог для разных транспортных средств. Сведения о проезжаемости дорог необходимы для планирования маршрутов грузовых и пассажирских перевозок автотранспортными предприятиями. Учет показателей надежности и проезжаемости автомобильных дорог позволяет давать более полную характеристику транспортно-эксплуатационного состояния дороги.

#### 6.2.4. Ровность покрытия

Ровность является одним из основных показателей, характеризующих удобство движения по дороге и оказывающих решающее влияние на скорость автомобилей и транспортную работу дороги в целом.

При плохом состоянии покрытия дороги значительно ухудшаются условия движения: появляются вредные для водителя и автомобиля вибрации, существенно усложняются условия работы водителя, так как ему длительное время приходится отслеживать состояние проезжей части, часто изменяя траекторию движения, осуществляя торможение и разгоны. Всем этим его внимание отвлекается от других важных с точки зрения безопасности движения элементов дороги и автомобиля. Поэтому ухудшение ровности приводит к повышению аварийности.

Основными причинами происшествий на участках дорог с неудовлетворительной ровностью являются взаимное столкновение автомобилей, движущихся на малой дистанции, при резком торможении переднего автомобиля перед неровностью (или выбоиной), а также столкновения автомобилей при внезапных заездах на полосу встречного движения при объезде неровностей. Возможны также происшествия в ночное время вследствие ослепления водителей отраженным светом фар от поверхности воды, заполняющей неровности.

Практика показывает, что при очень высокой ровности покрытия водители склонны к превышению безопасных скоростей движения. Поэтому в настоящее время наряду с решением проблемы обеспечения высокой ровности покрытия ставится задача разработки мероприятий по предупреждению водителей о превышении безопасной скорости движения.

Одним из таких мероприятий является устройство шумовых и трясущих поперечных полос на опасных участках дорог.

Шумовые поперечные полосы получают путем поверхностной обработки покрытия битумно-щебеночной смесью с крупностью щебня 5–15 и 15–25 мм. Трясущие поперечные полосы шириной 0,5–1,0 м

высотой 5–10 см выполняются из асфальтобетона. Использование таких полос приводит к значительному снижению скоростей движения автомобилей.

Необходимо сочетание создания хорошей ровности покрытия с обустройством дороги, обеспечивающим оптимальную эмоциональную напряженность водителя. Конечным результатом ухудшения ровности покрытий является рост себестоимости автомобильных перевозок. Требования к предельно допустимому снижению ровности покрытия нормируются по минимуму суммарных приведенных расходов автомобильного транспорта на перевозки грузов и дорожного хозяйства, на ремонты дорожных покрытий. При этом учитываются ежегодный прирост интенсивности движения, снижение скорости на неровных покрытиях и ряд других факторов.

Поддержание ровности дорожного покрытия позволяет существенно снизить расходы как на ремонт автомобилей, так и на ремонт дорожной одежды.

#### 6.2.5. Скользкость и шероховатость покрытия

Скользкость дорожного покрытия – важнейшая характеристика транспортно-эксплуатационного состояния дороги. Критерием скользкости покрытия является коэффициент сцепления. Недостаточное сцепление шины колеса с покрытием является, как правило, первопричиной дорожно-транспортных происшествий с тяжелыми последствиями (рис. 26).

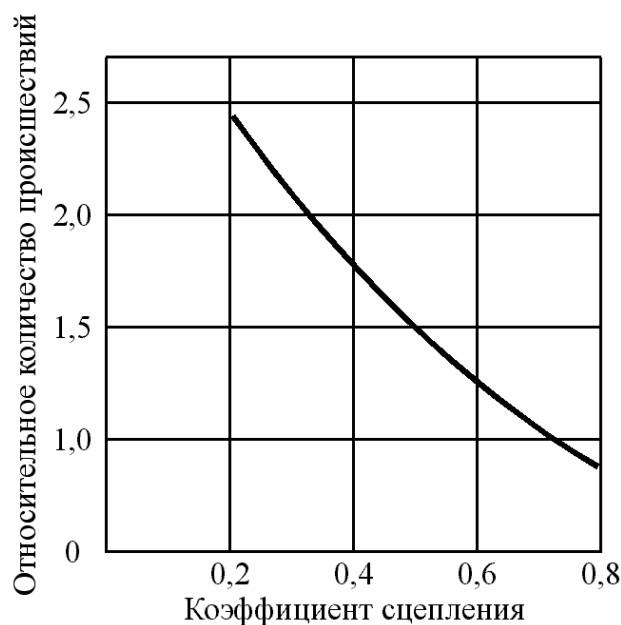


Рис. 26. Влияние коэффициента сцепления  $\phi$  на аварийность

Статистика показывает, что вследствие низкого значения коэффициента сцепления в весенний и осенний периоды происходит до 70 % всех происшествий, в летний период – 30 %. Вместе с тем коэффициент сцепления оказывает малозаметное влияние на скорости движения.

Для рекомендации водителям безопасных режимов движения, а также для выявления участков дорог с низкими сцепными качествами необходимы данные о значении коэффициента сцепления.

Коэффициент сцепления измеряется с помощью портативных (малогабаритных) приборов, динамометрических установок и методом торможения.

Измерение коэффициента продольного сцепления следует производить не ранее двух недель после окончания строительства покрытия. На дорогах и улицах, находящихся в эксплуатации, испытания следует производить при движении испытательного колеса по полосе наката левых колес автотранспортных средств, использующих данную полосу движения, а на дорогах и улицах с вновь устроенным покрытием – в пределах всей ширины полосы движения.

На каждом из испытываемых участков длиной не менее 1 км последовательно выполняется не менее пяти испытаний.

Коэффициент продольного сцепления определяется по зависимости

$$\varphi_1 = j/q, \quad (8)$$

где  $j$  – отрицательное ускорение;

$q$  – ускорение свободного падения.

Однако приведенная зависимость справедлива только для горизонтальных участков дороги и прямолинейного движения автомобиля.

Существенное влияние на коэффициент сцепления оказывает температура воздуха. В качестве эталона принимается коэффициент сцепления, полученный при температуре 20 °С. Состояние дорожных покрытий по сцепным качествам оценивается путем сравнения фактического значения коэффициента продольного сцепления с его предельно допустимым значением. Дорожное покрытие удовлетворяет требованиям эксплуатации, если фактическое значение коэффициента сцепления оказывается больше предельно допустимого значения или равным ему.

Исследования показывают, что значения коэффициента сцепления зависят от большого числа факторов, связанных с состоянием покрытия, шины, условиями взаимодействия шины с покрытием. Существенное влияние на коэффициент сцепления оказывают скорость движения, рисунок протектора, давление в шинах, нагрузка на колесо,

режим торможения и особенно тип покрытия, его состояние, температура и шероховатость (рис. 27).

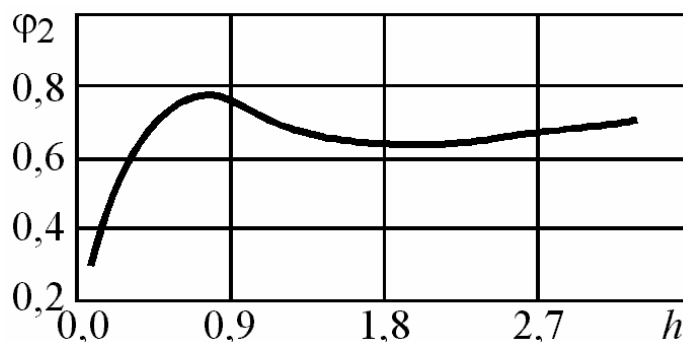


Рис. 27. Зависимость коэффициента поперечного сцепления  $\varphi_2$  от шероховатости покрытия  $h$

Шероховатость поверхности дорожных покрытий – один из важнейших транспортно-эксплуатационных показателей автомобильных дорог, обуславливающий надежность контакта автомобильной шины с поверхностью покрытия и в большей степени влияющий на безопасность движения транспортных средств.

Микрошероховатость характеризуется неровностями длиной менее 2–3 мм и высотой 0,2–0,3 мм. Неровности длиной более 2–3 мм и высотой более 0,2–0,3 мм называются макрошероховатостью.

При определении состояния дорожного покрытия чаще всего оценивается макрошероховатость, к которой предъявляются противоречивые требования. С одной стороны, она должна быть как можно меньшей, чтобы обеспечивалась наибольшая площадь контакта протектора шины с поверхностью 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, уровня шума и износу шин.

Основными параметрами, характеризующими макрошероховатость, являются: высота выступов, средняя высота выступов, шаг неровностей (расстояние между соседними вершинами неровностей), средний шаг неровностей.

Для измерения параметров шероховатости поверхности применяются приборы различных типов, которые по принципу действия делятся на контактные и бесконтактные.

Простейшим методом измерения шероховатости является «метод песчаного пятна», который заключается в распределении на поверхности покрытия определенного объема песка (обычно 10–30 см<sup>3</sup>) с раз-

мером частиц 0,15–0,30 мм. Песок распределяется вровень с поверхностью отдельных выступов покрытия, придавая песчаному пятну форму правильного круга. По измеренному диаметру пятна  $D$  и объему песка  $V$  вычисляется средняя глубина шероховатости:

$$h_{\text{ср}} = \frac{4v}{\pi D^2} = 1,275 \frac{v}{D^2}. \quad (9)$$

При вычисленной средней глубине шероховатости на участках дорог с продольными уклонами до 30 ‰ на покрытиях с применением органических вяжущих материалов, составляющих менее 0,7 мм, а на цементобетонных покрытиях менее 0,5 мм, шероховатость считается неудовлетворительной, при средней глубине шероховатости соответственно от 0,7 до 1,5 и от 0,5 до 0,6 мм – удовлетворительной, от 1,5 до 2,0 и от 0,6 до 0,8 мм – хорошей и при средней глубине более 2,0 и 0,8 мм – очень хорошей.

Для безопасного движения на участках дорог с большими уклонами средняя глубина шероховатости должна быть не менее следующих значений:

Уклон, ‰	40	50	60	70	80
Средняя глубина шероховатости, мм.....	3,5	4	4,5	5	5

В последние годы во многих странах для определения макрошероховатости дорожных покрытий применяются передвижные установки, смонтированные на микроавтобусе. Впереди микроавтобуса устанавливается поперечная балка, оснащенная лазерами для измерения профилей и текстуры покрытия. Запись, обработка и хранение результатов измерений производятся бортовым вычислительным комплексом.

### 6.2.6. Погодно-климатические факторы и транспортные качества дороги

Автомобильные дороги как транспортные сооружения работают при постоянном воздействии погодно-климатических факторов и движения. Наиболее значительно изменяются транспортно-эксплуатационные качества дорог по сезонам года.

В зимний период на условия движения оказывают решающее влияние снежные заносы, гололед, туман, низкая температура, короткая продолжительность светлого времени суток.

Близкими по влиянию на транспортные качества дорог являются осенний и весенний периоды. Для осеннего периода характерно переувлажнение земляного полотна и дорожной одежды, неожиданное

появление кратковременного гололеда, большое количество осадков, туман. В этот период значительно загрязняется проезжая часть, что приводит к резкому снижению коэффициента сцепления шины колеса с дорожным покрытием, разрушаются обочины, уменьшается эффективная ширина проезжей части.

Весенний период характерен резкими колебаниями температуры в течение суток и резкими переходами от сухой погоды к дождливой. В это время в связи с переувлажнением низа дорожной одежды снижается ее несущая способность, что требует ограничения движения тяжелых автомобилей.

Продолжительность различных сезонов года значительно меняется на территории России. Продолжительность зимнего периода колеблется от нескольких суток до 260 и более. Продолжительность весеннего периода колеблется от 30 до 120–125 сут. Осенний период примерно в 2 раза длительнее весеннего и колеблется от 65–70 до 110–120 сут.

Особенно подвержены влиянию различных природных факторов автомобильные дороги, проходящие в сложных условиях рельефа местности. На дорогах, проходящих в горной местности, часто возникают туманы, обвалы, снежные лавины, селевые потоки. Это вызывает необходимость разработки специальных мероприятий по обеспечению возможности проезда по дорогам с учетом неблагоприятных природных явлений. Для этого строятся снегозащитные галереи, селедуки, проектируется поперечный профиль дороги, при котором обеспечивается наибольшая устойчивость земляного полотна. Характерным является резкое колебание температуры, приводящее к разрушению дорожного покрытия. Попадание и замерзание воды в образовавшихся трещинах приводит к еще большему разрушению покрытия.

Для дорог, проходящих в равнинных районах, неблагоприятными являются осенний и весенний периоды, особенно для участков с высоким уровнем грунтовых вод.

К существенному снижению транспортно-эксплуатационных качеств приводит уменьшение расстояния видимости в тумане и при интенсивном пылеобразовании в сухой период года. Происходит снижение скоростей движения, возрастание числа дорожно-транспортных происшествий.

Продолжительность различного состояния покрытия в течение года меняется следующим образом: сухое – 67,9 %; мокрое – 17,1 %; снежное накатанное – 8,2 % и обледенелое – 6,8 % времени.

Транспортные характеристики дорог в зимний период во многом зависят от качества проведения работ по их содержанию. В большинстве случаев для этого периода наиболее характерны потеря четкого



очертания земляного полотна, изменение размеров поперечного профиля проезжей части, сужение проезжей части на мостах, около близкорасположенных к проезжей части препятствий вследствие неполного удаления снега. Наличие снегозаносимых участков на дороге существенно ухудшает транспортно-эксплуатационные качества всей автомобильной дороги. На региональных дорогах протяжение снегозаносимых участков составляет 84 % общего протяжения дорог.

В зимний период эффективно используемая ширина проезжей части составляет: 6–6,6 м на двухполосных дорогах с покрытием шириной 7 м; 8,7 м на трехполосных дорогах с покрытием шириной 11,5 м; 5,5–6,5 м для одного направления с проезжей частью шириной 7 м на четырехполосных дорогах с разделительной полосой.

В то же время на отдельных участках дорог в зимний период условия движения лучше, чем в летний период. Так, зимой «дикие» съезды и часть примыканий не используются, а летом и осенью с них заносится на дорогу грязь. При хорошей погоде и хорошем содержании дороги скорость движения зимой незначительно отличается от скорости движения в летний период.

Модальная скорость потока близка к 40 км/ч. В зимний период отмечается резкое разделение потока на медленно- и быстро движущиеся автомобили. Этим объясняется появление резко выраженной двухвершинной кривой распределения скорости движения. Существенное снижение скоростей движения наблюдается при ухудшении условий видимости, при уменьшении сцепления шины колеса с покрытием и изменении геометрических характеристик дороги, например, уменьшении эффективной ширины проезжей части из-за образования снежных и ледяных отложений на прикромочных полосах и неполной очистки при снегоуборке. Отмечено снижение скоростей при 50, 85 и 95 %-й обеспеченности зимой на 25–30 %.

Существенно меняется в различные сезоны года количество дорожно-транспортных происшествий, меняется также их тяжесть. Оказывает влияние как изменение состояния дорожного покрытия, условий видимости, погодных условий, так и продолжительность светлого времени суток.

В ряде стран, где интенсивность движения мало меняется в течение года, наибольшая аварийность наблюдается в осенне-зимний период.

Половина столкновений и опрокидываний происходит при неблагоприятных погодных условиях. Погодные условия и состояние дорог влияют на тяжесть последствий дорожно-транспортных происшествий. Как правило, тяжесть происшествий осенью и весной выше, чем летом, зимой – несколько ниже из-за наличия снега и более низких скоростей

движения. Максимальное число погибших на каждые 100 происшествий отмечается в России в октябре-ноябре и в марте.

Все эти закономерности необходимо учитывать при разработке мероприятий по повышению транспортно-эксплуатационных качеств дороги.

### Контрольные вопросы

1. Расскажите об основных технико-эксплуатационных особенностях и достоинствах автомобильных путей сообщения и автомобильного транспорта.

2. Перечислите основные проблемы и тенденции развития автомобильного транспорта.

3. Раскройте содержание актуальности «вечной» для России проблемы дорог.

4. Представьте классификацию подвижного состава автомобильного транспорта.

5. Расскажите о факторах, влияющих на работу и состояние дороги.

6. Отметьте особенности взаимодействия дороги и автомобиля.

7. Чем характеризуется надежность и проезжаемость автомобильных дорог?

8. Раскройте содержание параметров дорожного покрытия: ровности, скользкости и шероховатости.

9. Перечислите приборы для измерения коэффициента сцепления дорожного покрытия?

10. Каким простейшим методом измеряется шероховатость дорожного покрытия?

11. Охарактеризуйте влияние погодных-климатических факторов на транспортно-эксплуатационные качества автомобильной дороги.

### 6.2.7. Классификация автомобильных дорог

В соответствии с Федеральным законом ФЗ–№257 «Об автомобильных дорогах и о дорожной деятельности в Российской Федерации...» автомобильные дороги в зависимости от их значения подразделяются на:

- автомобильные дороги федерального значения;
- автомобильные дороги регионального или межмуниципального значения;
- автомобильные дороги местного значения;
- частные автомобильные дороги.

Автомобильные дороги в зависимости от вида разрешенного использования подразделяются на автомобильные дороги общего пользования и автомобильные дороги необщего пользования.

К автомобильным дорогам общего пользования относятся автомобильные дороги, предназначенные для движения транспортных средств неограниченного круга лиц.

К автомобильным дорогам необщего пользования относятся автомобильные дороги, находящиеся в собственности, во владении или в пользовании исполнительных органов государственной власти, местных администраций (исполнительно-распорядительных органов муниципальных образований), физических или юридических лиц и используемые ими исключительно для обеспечения собственных нужд либо для государственных или муниципальных нужд.

Чем ниже подчиненность дороги, тем большую роль играют в выборе ее направления конкретные грузопотоки тех или иных предприятий. Полностью подчиняются направлению грузопотоков внутрихозяйственные дороги, обслуживающие перевозки между полевыми участками, отделениями и центральными усадьбами крестьянских хозяйств, лесными делянками и лесоскладами, отдельными цехами и складами сырья и готовой продукции, а также дороги, предназначенные для вывоза товарной продукции предприятий добывающих отраслей народного хозяйства к предприятиям обрабатывающей промышленности или к станциям железных дорог, речным и морским путям, подъездные пути к автомобильным магистралям. При соблюдении общих принципов проектирования каждый из этих видов дорог имеет свои особенности, связанные с учетом специфики транспортных средств и перевозимых грузов.

Чем выше административное значение дороги, тем больше по ней движется автомобилей и тем более совершенной ее устраивают.

Начертание дорожной сети является одним из элементов планирования. Оно определяется на основе размещения производительных сил страны и должно обеспечивать их дальнейшее развитие. Однако значительные средства, уже затраченные на постройку существующих дорог, заставляют при развитии дорожной сети максимально использовать существующие дороги с твердыми покрытиями, приспособивая их к требованиям современного движения.

Создание новых промышленных районов на востоке страны, разработка месторождений нефти, газа, полезных ископаемых в малонаселенных районах Сибири и Дальнего Востока, мелиорация земель Нечерноземной зоны страны – все эти работы связаны с созданием новых дорожных сетей, которые должны быть тщательно увязаны с технологическими особенностями обслуживаемых дорогами производственных процессов и экономикой района, определяющей потребности в перевозках.

### 6.2.8. Термины и определения в соответствии с ГОСТ Р 52398–2005

– **Техническая классификация автомобильных дорог:** разделение множества автомобильных дорог по классификационным признакам на классы и категории.

– **Класс автомобильной дороги:** характеристика автомобильной дороги по условиям доступа на нее.

– **Категория автомобильной дороги:** характеристика, отражающая принадлежность автомобильной дороги соответствующему классу и определяющая технические параметры автомобильной дороги.

– **Доступ на автомобильную дорогу:** возможность въезда на автомобильную дорогу и съезда с нее транспортных средств, определяемая типом пересечения или примыкания.

### 6.2.9. Классы автомобильных дорог

Автомобильные дороги по условиям движения и доступа на них транспортных средств разделяют на три класса:

- автомагистраль,
- скоростная дорога,
- дорога обычного типа (нескоростная дорога).

К классу «автомagистраль» относят автомобильные дороги:

– имеющие на всем протяжении многополосную проезжую часть с центральной разделительной полосой;

– не имеющие пересечений в одном уровне с автомобильными, железными дорогами, трамвайными путями, велосипедными и пешеходными дорожками; доступ на которые возможен только через пересечения в разных уровнях, устроенных не чаще чем через 5 км друг от друга.

К классу «скоростная дорога» относят автомобильные дороги:

– имеющие на всем протяжении многополосную проезжую часть с центральной разделительной полосой;

– не имеющие пересечений в одном уровне с автомобильными, железными дорогами, трамвайными путями, велосипедными и пешеходными дорожками, доступ на которые возможен через пересечения в разных уровнях и примыкания в одном уровне (без пересечения потоков прямого направления), устроенных не чаще, чем через 3 км друг от друга.

К классу «дороги обычного типа» относят автомобильные дороги, не отнесенные к классам «автомagистраль» и «скоростная дорога»:

– имеющие единую проезжую часть или с центральной разделительной полосой, доступ на которые возможен через пересечения и

примыкания в разных и одном уровне, расположенные для дорог категорий IВ, II, III не чаще, чем через 600 м для дорог категории IV не чаще, чем через 100 м, категории V – 50 м друг от друга.

Автомобильные дороги по транспортно-эксплуатационным качествам и потребительским свойствам разделяют на категории в зависимости от:

- количества и ширины полос движения;
- наличия центральной разделительной полосы;
- типа пересечений с автомобильными, железными дорогами, трамвайными путями, велосипедными и пешеходными дорожками;
- условий доступа на автомобильную дорогу с примыканиями в одном уровне.

#### 6.2.10. Основные технические характеристики классификационных признаков автомобильных дорог

Основные технические характеристики классификационных признаков автомобильных дорог приведены в табл. 8.

### 6.3. Определение геометрических элементов трассы автомобильных дорог (ГОСТ Р 52399–2005)

#### 6.3.1. Термины и определения

– **Краевая полоса:** полоса обочины, предназначенная для защиты от разрушения кромки проезжей части и допускающая регулярные заезды на нее транспортных средств.

– **Полоса безопасности:** специально подготовленный участок дорожного полотна, примыкающий к границе проезжей части, который допускает регулярные заезды транспортных средств для избегания аварийных ситуаций.

– **Укрепленная часть обочины автомобильной дороги:** часть обочины, имеющая дорожную одежду.

– **Грунтовая часть обочины автомобильной дороги:** часть обочины, не имеющая дорожной одежды.

– **Стояночная полоса:** укрепленная часть поверхности земляного полотна, предназначенная для остановки и стоянки на ней транспортных средств, обозначенная специальными дорожными знаками.

– **Проезжая часть:** основной элемент дороги, предназначенный для непосредственного движения транспортных средств.

Таблица 8

## Техническая классификация автомобильных дорог общего пользования

Класс автомобильной дороги	Категория автомобильной дороги	Общее количество полос движения	Ширина полосы движения, м	Центральная разделительная полоса	Пересечения с автомобильными дорогами, велосипедными и пешеходными дорожками	Пересечения с железными дорогами и трамвайными путями	Доступ на дорогу с примыкания в одном уровне
Автомостраль	IA	4 и более	3,75	Обязательна	В разных уровнях	В разных уровнях	Не допускается
	IB	4 и более	3,75				Допускается без пересечения прямого направления
Дорога обычного типа (нескоростная дорога)	IV	4 и более <sup>1)</sup>	3,75	Обязательна	Допускаются пересечения в одном уровне со светофорным регулированием	В разных уровнях	Допускается
		4	3,5				
	III	2 или 3 <sup>3)</sup>	3,75	Не требуется	Допускаются пересечения в одном уровне <sup>4)</sup>	Допускаются пересечения в одном уровне	Допускается
		2	3,5				
		2	3,0				
V	1	4,5 и более					

<sup>1)</sup> Более шести полос допускается только на существующих автомобильных дорогах.

<sup>2)</sup> На дороге категории II требование к наличию разделительной полосы определяется проектом организации дорожного движения.

<sup>3)</sup> Три полосы движения только для существующих автомобильных дорог.

<sup>4)</sup> Пересечение 4-полосной дороги категории II с аналогичной осуществляется в разных уровнях. Другие варианты пересечения дорог категории II с дорогами категорий II и III могут осуществляться как в разных уровнях, так и в одном (при условии светофорного регулирования, «отнесенных» левых поворотов или пересечения кольцевого типа).

### 6.3.2. Геометрические элементы плана и продольного профиля автомобильной дороги

Наибольшие продольные уклоны и наименьшие расстояния видимости в зависимости от расчетной скорости движения приведены в табл. 9.

Т а б л и ц а 9

Наибольшие продольные уклоны и наименьшие расстояния видимости

Расчетная скорость, км/ч	Наибольший продольный уклон, ‰	Наименьшее расстояние видимости, м	
		для остановки	встречного автомобиля
140	30	275	–
120	40	250	450
100	50	200	350
80	60	150	250
60	70	85	170
50	80	75	130
40	90	55	110
30	100	45	90

П р и м е ч а н и я :

1. Наименьшее расстояние видимости для остановки должно обеспечивать видимость любых предметов, имеющих высоту не менее 0,2 м, находящихся на середине полосы движения, с высоты глаз водителя автомобиля 1,2 м от поверхности проезжей части.

2. В горной местности (за исключением мест с абсолютными отметками более 3000 м над уровнем моря) для участков протяженностью до 500 м допускается увеличение наибольших продольных уклонов против норм, приведенных в таблице, но не более чем на 20 ‰.

3. При проектировании в горной местности участков подходов дорог к тоннелям наибольшее допустимое значение продольного уклона не должно превышать 45 ‰ на протяжении 250 м от портала тоннеля.

Во всех случаях, где по местным условиям возможно регулярное появление на дороге людей и животных, следует обеспечивать боковую видимость прилегающей к дороге полосы, отстоящей от бровки земляного полотна для дорог, проектируемых для расчетной скорости 100 км/ч и выше на расстояние 25 м, для остальных дорог – 15 м.

На дорогах в горной местности допускаются затяжные уклоны. Длина участка с затяжным уклоном в горной местности определяется в зависимости от величины уклона, но не более значений, приведенных в табл. 9. При более длинных затяжных уклонах необходимо включение в продольный профиль участков с уменьшенными продольными уклонами (не более 20 ‰), а также площадок для остановки автомобилей с расстояниями между ними не более длин участков, указанных в табл. 10.

Т а б л и ц а 1 0

Длина участков с уменьшенными продольными уклонами

Рельеф местности	Продольный уклон, ‰					
	40	50	60	70	80	90
	Предельная длина участка с затяжным уклоном, м					
Равнинный слабохолмистый	600	400	300	250	200	150
Сильно пересеченный	1500	1200	700	500	400	350

Размеры площадок для остановки автомобилей на затяжных подъемах должны обеспечивать размещение расчетного количества (но не менее 3) грузовых автомобилей. Место их расположения выбирается из условий безопасности стоянки, исключения возможности осыпей, камнепадов и, как правило, у источников воды.

На затяжных спусках с уклонами более 50 ‰ предусматриваются противоаварийные съезды, которые устраивают перед кривыми малых радиусов, расположенными в конце спуска, а также на прямых участках спуска через каждые 0,8–1,0 км с правой стороны по ходу автомобиля.

### 6.3.3. Элементы поперечного профиля автомобильной дороги

Основные параметры элементов поперечного профиля проезжей части и земляного полотна автомобильных дорог в зависимости от их категории по ГОСТ Р 52398 следует принимать по табл. 11.

Т а б л и ц а 1 1

Параметры элементов поперечного профиля проезжей части и земляного полотна автомобильных дорог

Параметры элементов дорог	Автомагистраль	Скоростная дорога	Автомобильные дороги обычного типа (нескоростная дорога) категории					
			IA	IB	IV	II	III	IV
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Общее число полос движения, шт.	4 и более	4 и более	4 и более	4	2	2	2	1
Ширина полосы движения, м	3,75	3,75	3,75	3,5	3,75	3,5	3,0	4,5
Ширина обочины, м	3,75	3,75	3,75	3,0	3,0	2,5	2,0	1,75
Ширина краевой полосы у обочины, м	0,75	0,75	0,75	0,5	0,5	0,5	0,5	–
Ширина укрепленной части обочины, м	2,5	2,5	2,5	2,0	2,0	1,5	1,0	–



## Окончание табл. 11

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Наименьшая ширина центральной раздельной полосы без дорожных ограждений, м	6,0	6,0	5,0	5,0				
Наименьшая ширина центральной раздельной полосы с ограждением по оси дороги, м	2 м + ширина ограждения				--			
Ширина краевой полосы безопасности у раздельной полосы, м	1,0							

## П р и м е ч а н и я :

1. Ширина полосы безопасности входит в ширину раздельной полосы, а ширина краевой полосы – в обочину.

2. Ширину обочин на особо трудных участках горной местности, участках, проходящих по особо ценным земельным угодьям, а также в местах с переходно-скоростными полосами и с дополнительными полосами на подъеме при соответствующем технико-экономическом обосновании с разработкой мероприятий по организации и безопасности движения допускается уменьшать до 1,5 м для автомобильных дорог категорий 1Б, 1В и II и до 1,0 м – для дорог остальных категорий.

3. Ограждения на обочинах дорог располагают на расстоянии не менее 0,50 м и не более 0,85 м от бровки земляного полотна в зависимости от жесткости конструкции дорожных ограждений.

Краевые полосы у обочин и полосы безопасности на раздельной полосе должны иметь дорожную одежду такой же прочности, что и проезжая часть.

Укрепленная часть обочины за пределами краевой полосы на дорогах категорий I–IV должна иметь дорожную одежду с покрытием из каменного материала, обработанного вяжущим материалом. Прочность дорожной одежды должна быть достаточной для недопущения остаточных деформаций от стоящего автомобиля с расчетной нагрузкой на ось.

Обочины автомобильных дорог предназначаются для временного размещения неисправных или поврежденных в дорожно-транспортных происшествиях автомобилей. Для остановок и стоянок автомобилей должны быть предусмотрены стояночные полосы на поверхности земляного полотна, отделенные от проезжей части ограждениями или раздельным островком, или площадки для остановок и стоянок

автомобилей за пределами земляного полотна. Расстояние между стояночными полосами и площадками для стоянок должно назначаться в соответствии с нормами проектирования.

Ширину переходно-скоростных полос следует принимать равной ширине полос движения основной проезжей части.

Ширину обочин автомобильных дорог в местах устройства переходно-скоростных полос и дополнительных полос на подъем для дорог категорий IA, IB, IB допускается уменьшать до 1,5 м, для дорог остальных категорий – до 1,0 м. Грунтовая часть таких обочин должна быть 0,50–0,85 м в зависимости от жесткости ограждений; остальная часть обочины должна иметь укрепление, соответствующее категории дороги.

При устройстве дополнительных полос движения на подъем их ширину следует принимать равной ширине полосы основной проезжей части.

На дорогах категории V с однополосной проезжей частью следует предусматривать устройство разъездов, расстояние между которыми определяется в соответствии с нормами проектирования.

Ширину разделительной полосы на участках дорог, проложенных по ценным землям, на особо трудных участках дорог в горной местности, на больших мостах, а также при проложении дорог в застроенных районах и в других обоснованных случаях допускается уменьшать до ширины, равной ширине полосы для установки ограждений плюс 1 м с каждой стороны.

## 6.4. Дорожные одежды

### 6.4.1. Конструктивные слои дорожной одежды

Дорожную одежду, представляющую собой многослойную конструкцию, укладывают на тщательно спланированные и уплотненные верхние слои земляного полотна.

Материалы дорожной одежды воспринимают растягивающие напряжения и накапливают пластические деформации от колес автомобилей, распределяют и передают давление от транспортных средств на грунты земляного полотна.

Напряжения, возникающие в слоях дорожной одежды при движении автомобиля, с увеличением глубины затухают. Это позволяет проектировать дорожную одежду многослойной, применяя в отдельных слоях материалы различной прочности.

Дорожная одежда состоит из нескольких конструктивных слоев (рис. 28): покрытия, основания и дополнительного слоя основания.

**Покрытие** – верхняя часть дорожной одежды, воспринимающая усилия от колес автомобилей и подвергающаяся воздействию атмосферных факторов. Покрытие должно быть плотным, прочным, ровным, шероховатым, должно обеспечивать необходимые эксплуатационные качества проезжей части в любое время года. Поскольку покрытие устраивают из наиболее дорогостоящих материалов, ему придают минимально допустимую толщину.

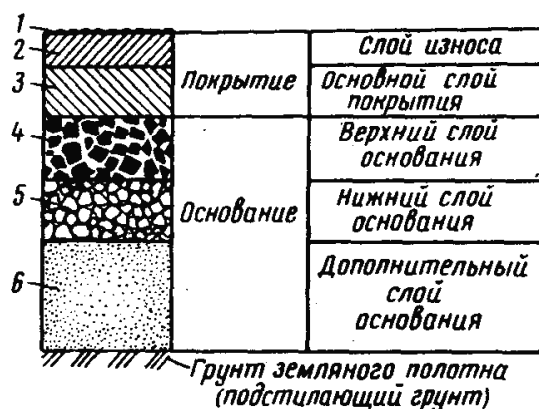


Рис. 28. Конструктивные слои дорожных одежд:

- 1 – поверхностная обработка; 2 – мелкозернистый асфальтобетон; 3 – крупнозернистый асфальтобетон; 4 – щебень, обработанный вяжущими материалами; 5 – щебень; 6 – песок

Дорожная одежда должна быть прочной независимо от изменения режима увлажнения в течение года. Прочность материалов, используемых в дорожной одежде, зависит от состава движения, т.е. количества разных типов транспортных средств в транспортном потоке, имеющих различное давление на покрытие дорожной одежды, и климатических условий для данного района проектирования.

Верхние слои дорожной одежды испытывают значительные напряжения растяжения и температурные изменения, поэтому они должны быть монолитными, плотными, морозо- и термостойкими. В районах с неустойчивой зимой, суровым климатом и при частых перепадах температуры для покрытия выбирают более прочные и морозостойкие породы камня. В районах с жарким летом покрытие, построенное с применением органических вяжущих материалов, размягчается, поэтому необходимо применять более вязкие битумы.

**Основание** – несущая прочная часть дорожной одежды, обеспечивающая совместно с покрытием перераспределение и снижение давления на расположенные ниже дополнительные слои или грунт земляного полотна. Оно не подвергается непосредственному воздействию колес автомобилей, поэтому для его устройства применяют материалы меньшей прочности, чем для покрытия и слоя износа. Основание

может состоять из одного или нескольких слоев. В последнем случае верхние слои основания устраивают из более прочных материалов. Для устройства нижних слоев основания используют менее прочные местные материалы, но достаточно морозо- и водостойкие.

**Дополнительные слои основания** устраивают между основанием и верхней частью земляного полотна в районах сезонного промерзания грунтов на дорогах I–IV категорий, находящихся в неблагоприятных грунтово-гидрологических условиях. Совместно с покрытием и основанием дополнительные слои обеспечивают прочность дорожной одежды.

Для того чтобы грунтовые воды не поднимались по капиллярам (мелким волосяным порам), в земляном полотне по направлению к дорожной одежде устраивают дополнительные слои из местных материалов, укрепленных органическими вяжущими на всю ширину земляного полотна. Дополнительный слой прерывает движение воды. На подстилающий грунт земляного полотна передается давление от дорожной одежды и транспортных нагрузок, поэтому прочность дорожной одежды может быть обеспечена лишь на однородном, хорошо уплотненном, не подверженном пучению земляном полотне при обеспеченном водоотводе.

Грунт земляного полотна укладывают послойно с приданием двухскатного поперечного профиля для обеспечения водоотвода. При этом все конструктивные слои дорожной одежды также должны иметь поперечный уклон от оси проезжей части.

В связи с увеличением интенсивности движения необходимо предусматривать возможность усиления по прочности конструкции дорожной одежды, создания дополнительного слоя покрытия и включения нового слоя износа – поверхностной обработки.

Дорожная одежда должна быть надежной в эксплуатации, т.е. обеспечивать безотказную работу в течение всего года и периода между капитальными ремонтами. Отказ – это такое состояние дорожной одежды, при котором требуется проведение капитального ремонта ранее срока, установленного действующими нормами.

Дорожная одежда должна быть экономичной и наименее материалоемкой по расходу дорожно-строительных материалов. Рекомендуется проектировать несколько вариантов конструкций дорожных одежд с последующим сравнением этих вариантов по технико-экономическим показателям.

В зависимости от категории дороги и толщины конструктивных слоев дорожную одежду строят серповидного, полукорытного, корытного и бескорытного профилей.

При серповидном профиле (рис. 29, а) дорожную одежду устраивают на всю ширину земляного полотна и на толщину, наибольшую в середине проезжей части, и применяют на внутрихозяйственных дорогах. При полукорытным профиле (рис. 29, б) толщина дорожной одежды в пределах проезжей части бывает постоянной, а на обочинах укрепляется слоем небольшой толщины. Такой профиль применяют чаще всего на дорогах III–V категорий.

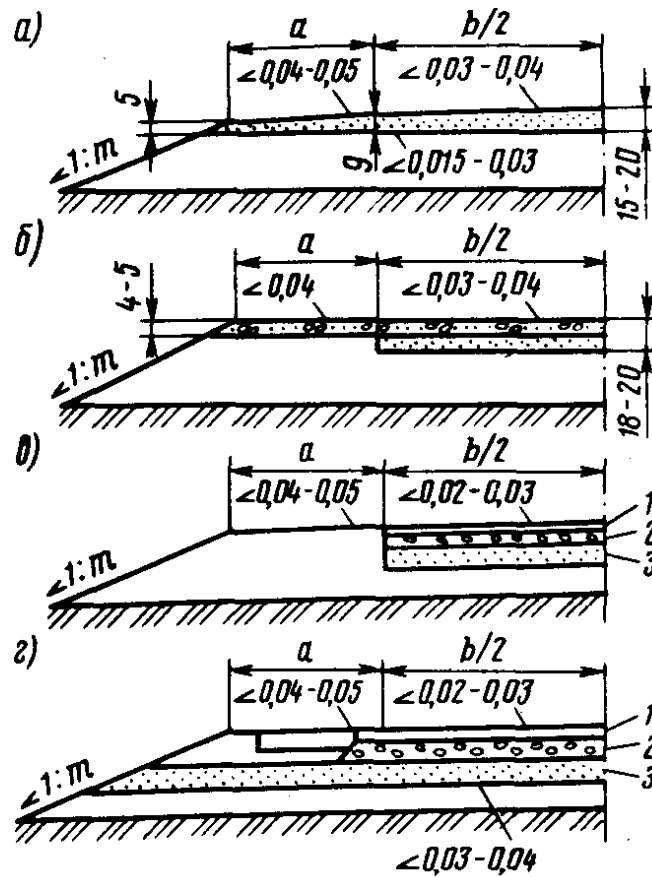


Рис. 29. Поперечные профили дорожной одежды:  
1 – покрытие; 2 – основание; 3 – дополнительный слой основания

При корытном профиле (рис. 29, в) дорожную одежду устраивают только на ширину проезжей части на участках с обеспеченным водоотводом. Применяют такой профиль на дорогах высших категорий.

При бескорытном профиле (рис. 29, г) дорожную одежду устраивают непосредственно на земляном полотне, возведенном до отметки низа дорожной одежды, с присыпными обочинами. Дополнительный слой основания укладывают на всю ширину земляного полотна на участках с необеспеченным водоотводом для северных и центральных районов РФ.

#### 6.4.2. Классификация дорожных одежд. Основные виды дорожных покрытий

Конструкцию дорожной одежды и вид покрытия принимают исходя из транспортно-эксплуатационных требований и категории проектируемой дороги. При этом учитывают нагрузку на дорожную одежду и состав движения, интенсивность транспортных средств, климатические и грунтово-гидрологические условия.

Тип покрытия обосновывают технико-экономическими расчетами. Согласно СНиП 2.05.02–85 все дорожные одежды классифицируют на четыре основных типа (табл. 12).

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

Т а б л и ц а 1 2

Классификация дорожной одежды

Тип дорожных одежд	Основные виды покрытий	Категория дорог
Капитальные	Цементобетонные монолитные Железобетонные или армобетонные сборные Асфальтобетонные	I–IV I–IV I–IV
Облегченные	Асфальтобетонные, дегтебетонные	III, IV и на первой стадии двухстадийного строительства дорог II категории IVиV
Переходные	Из щебня, гравия и песка, обработанных вяжущими. Щебеночные и гравийные; из грунтов и местных мало- прочных каменных материалов, обработанных вяжущими	IV, V и на первой стадии двухстадийного строительства дорог III категории V и на первой стадии двухстадийного строительства дорог
Низшие	Из грунтов, укрепленных или улучшенных добавками	IV категории

**Жесткие дорожные одежды** характеризуются тем, что один или несколько слоев из бетона обладают сопротивлением изгибу и модулем упругости, практически не зависящими от температуры, влажности, скорости нагружения в течение всего срока службы дорожной одежды. К жестким дорожным одеждам относятся монолитные цементобетонные покрытия, асфальтобетонные покрытия на основаниях из цементобетона, сборные покрытия из железобетонных и армобетонных плит (рис. 30, а, б).

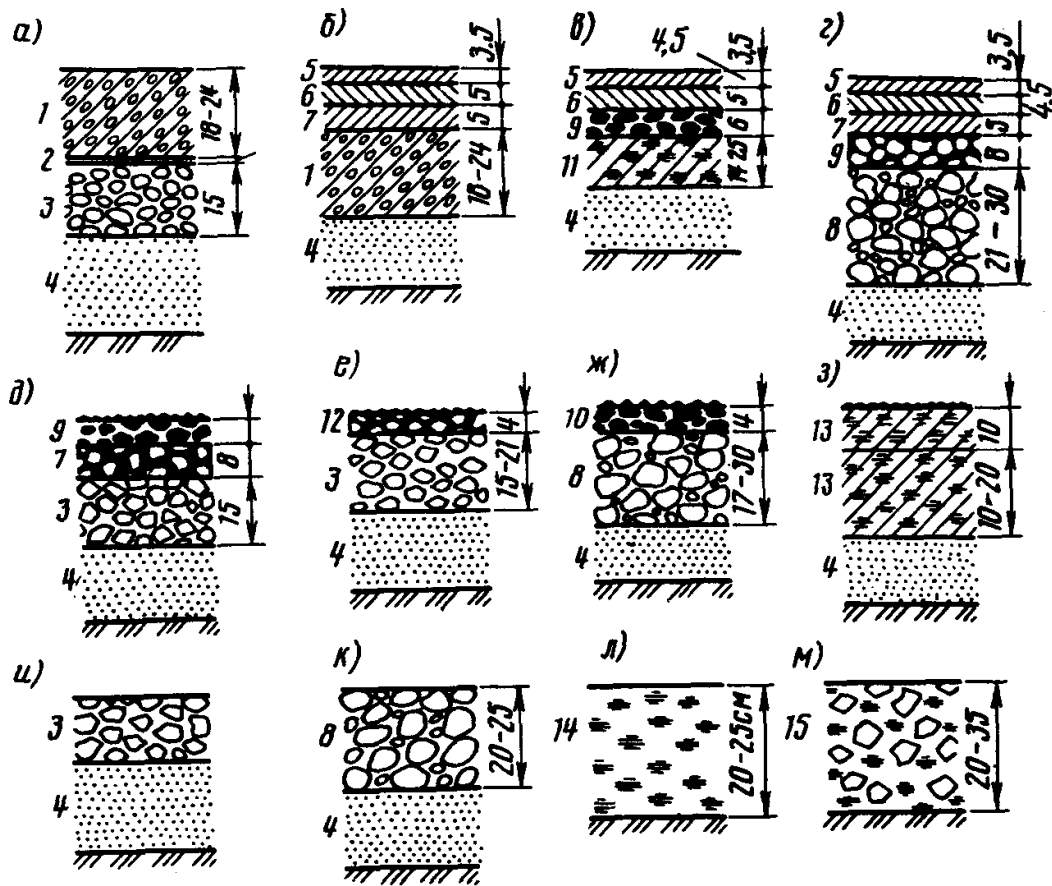


Рис.30. Примеры конструкций дорожных одежд:

- а – цементобетонное покрытие на каменном основании; б – двухслойное асфальтобетонное покрытие на бетонном основании; в – асфальтобетонное покрытие на основании из щебня, обработанного в установке органическими вяжущими, и грунта, укрепленного битумом или цементом; г – асфальтобетонное покрытие на гравийном основании; д – покрытие из щебня, обработанного органическим вяжущим с поверхностной обработкой, на щебеночном основании; е – покрытие из щебня, обработанного органическим вяжущим, на щебеночном основании; ж – покрытие из гравийной смеси, обработанной органическими вяжущими, на гравийном основании; з – покрытие из грунта, обработанного неорганическими вяжущими материалами; и – щебеночное покрытие; к – гравийное покрытие; л – покрытие из оптимальной грунтовой смеси; и – покрытие из грунта, укрепленного добавками щебня, гравия или шлака; 1 – цементобетон; 2 – прослойка из песка, обработанного органическими материалами; 3 – щебеночный слой; 4 – дополнительный слой основания из песка, гравия, шлака; 5 – мелкозернистый или песчаный асфальтобетон; 6 – крупнозернистый пористый асфальтобетон; 7 – щебень, обработанный органическими вяжущими методом пропитки; 8 – гравийная смесь; 9 – щебень, обработанный органическими вяжущими материалами в установке; 10 – гравийная смесь с добавками щебня, обработанного органическими вяжущими материалами в установке; 11 – цементогрунт; 12 – щебеночное покрытие, обработанное органическими вяжущими методом пропитки, с поверхностной обработкой; 13 – грунт, укрепленный вяжущими; 14 – грунт, укрепленный песчано-глинистыми добавками; 15 – грунт, укрепленный шлаком, гравием или дресвой

**Нежесткие дорожные одежды** представляют собой слоистые конструкции, материал которых характеризуется модулем упругости и предельным сопротивлением растяжению при изгибе или параметрами сдвигу, существенно зависящими от температуры и влажности, режима загрузки, либо состоят из слоев, материалы которых не сопротивляются растяжению при изгибе.

К нежестким дорожным одеждам относятся асфальтобетонные и дегтебетонные покрытия, покрытия из каменных материалов, обработанных вяжущими, побочных продуктов промышленности или грунтов, укрепленных вяжущими, а также каменных материалов без обработки их вяжущими (рис. 30, в–к).

В отдельных случаях устраивают дорожную одежду низшего типа, состоящую из одного слоя (рис. 30, л, м).

Капитальные **цементобетонные монолитные покрытия** толщиной от 18 до 24 см устраивают на автомобильных дорогах I–III категорий на различных основаниях.

Основанием для цементобетонного покрытия служат каменные материалы (щебень, гравий, песчано-гравийные смеси), пески и супеси, укрепленные цементом, шлак. Поверх оснований, укрепленных цементом, устраивают выравнивающий слой – тонкую прослойку из необработанного песка (5 см) или песка, обработанного битумом (3–5 см). Выравнивающий слой предназначен устранять неровности основания, обеспечивать перемещение плит покрытия при изменении температуры, равномерно распределять давление и уменьшать напряжение в плитах при их короблении.

В цементобетонных покрытиях предусматривают продольные и поперечные швы, необходимые для компенсации изменений длин плит при колебаниях температуры (рис. 31).

Различают швы расширения, сокращающиеся при удлинении плит, и швы сжатия, расширяющиеся при укорочении плит.

Размер плит в плане 3–4 на 6–7 м. Для обеспечения совместной работы плит и сохранения их взаимного положения в швы вводят стальные стержни-штыри, через которые происходит передача вертикальной нагрузки и возникают перемещения плит (рис. 32). Швы между плитами заполняют мастикой. Одним из недостатков монолитных цементобетонных покрытий является наличие швов, кромки которых обламываются, в результате чего образуются поперечные канавки.



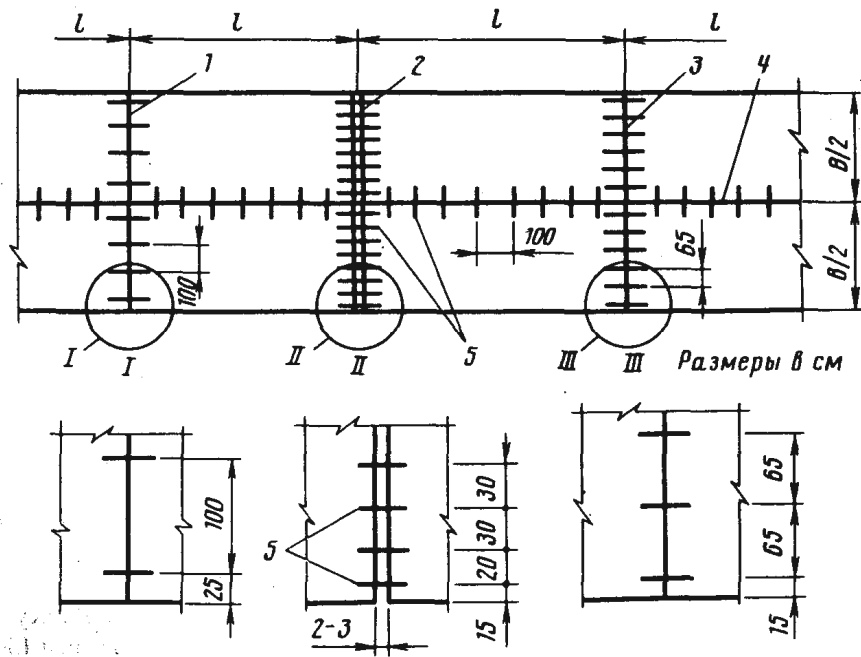


Рис. 31. Схема расположения швов бетонного покрытия:  
 1 – шов сжатия при основании из каменных материалов или грунтов, укрепленных вяжущими; 2 – шов расширения; 3 – шов сжатия при основании из материалов, не укрепленных вяжущими; 4 – продольный шов; 5 – штыри; 1 – длина плиты

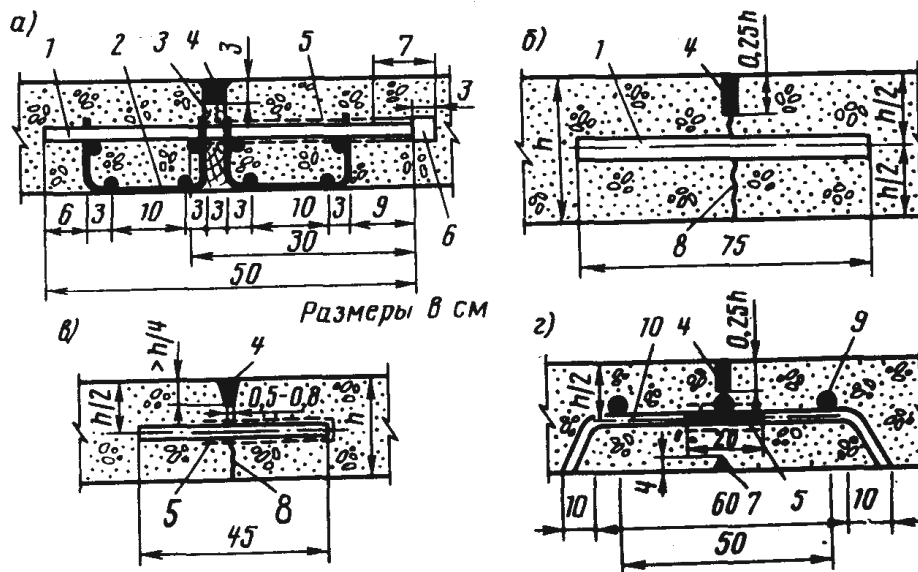


Рис. 32. Конструкция швов бетонных покрытий:  
 а – поперечный шов расширения; б – продольный шов; в – поперечный шов сжатия; г – поперечный шов коробления;  
 1 – штырь; 2 – монтажный каркас из тонкой арматуры для закрепления штырей на месте при бетонировании; 3 – деревянная прокладка;  
 4 – шов, заполненный мастикой; 5 – обмазка битумом; 6 – заполнение зазора в колпачке опилками или войлоком; 7 – деревянная рейка; 8 – место разрыва плиты по слабому сечению; 9 – продольные стержни арматуры; 10 – штырь – анкер к продольным стержням

На дорогах I–III категорий с насыпями высотой более 3 м из скальных грунтов, насыпями на болотах, построенными при частичном выторфовывании, насыпями выше 5 м из любых грунтов, у путепроводов через железные дороги в пределах до 200 м от них при различной высоте насыпи, а также на участках дорог индивидуального проектирования, где ожидаются неравномерные осадки земляного полотна, покрытие следует устраивать из плит длиной 5–7 м и армировать их стальными плоскими сетками, изготовленными на заводах или на месте строительства.

Капитальные железобетонные или армобетонные сборные покрытия из плит готовят на заводах железобетонных изделий. На месте строительства дороги эти плиты укладывают краном на подготовленное основание. Работы выполняют круглый год.

Железобетонные плиты применяют на автомобильных дорогах I–IV категорий при сложных природных условиях или высоких насыпях, где трудно обеспечить стабильность земляного полотна. В последнее время сборные покрытия широко применяют в нефтегазоносных районах Западной Сибири, где отсутствуют местные дорожно-строительные материалы.

Сборные конструкции железобетонных плит имеют недостатки:

- низкие темпы укладки плит; через швы происходит выжимание разжиженного песка, поэтому необходимо укладывать геотекстиль;
- трудно обеспечить ровность плит и взаимную их стыковку; скорость движения на покрытии небольшая.

**Асфальтобетонные покрытия** широко применяют для строительства современных дорог. Их устраивают в один или два слоя на прочном основании. Толщину слоя асфальтобетонного покрытия определяют по расчету в зависимости от состава и интенсивности движения на данном участке дороги.

Асфальтобетон – строительный материал, получаемый при соответствующей температуре в результате уплотнения специально подобранной смеси. Различают асфальтобетоны крупнозернистые (фракции щебня до 40 мм), мелкозернистые (до 20 мм) и песчаные (из частиц не крупнее 5 мм).

**Покрyтия из щебня, обработанного органическими вяжyщими,** устраивают аналогично асфальтобетонным покрытиям. При этом минеральный материал предварительно обрабатывают органическими вяжyщими в стационарной установке, что обеспечивает хорошее сцепление. Толщина покрытия должна быть не менее 8 см. Применение вязких материалов обеспечивает лучшее сцепление зерен щебня или гравия между собой, что улучшает работу покрытия.

**Поверхностная обработка** – тонкий защитный слой, который предохраняет покрытие от преждевременного разрушения в основном от поступающей воды в виде дождя. Технология устройства поверхностной обработки заключается в розливе 2–2,5 л/м<sup>2</sup> битума с последующей засыпкой мелким щебнем и укаткой. Слои защиты и износа могут служить 4–5 лет. Их выполняют толщиной 1,5–2,5 см при одиночной поверхностной обработке, 3–4 см – при двойной обработке.

**Пропитка** – введение разогретых вяжущих в покрытие путем розлива по поверхности не полностью укатанного слоя щебня одинаковой крупности. Расход вяжущего – примерно 1 л битума на 1 м<sup>2</sup> площади на 1 см глубины покрытия. После проникания битума в глубь россыпи поверхность покрытия засыпают мелким щебнем и уплотняют тяжелыми дорожными катками, вдавливающими его в поры между крупными щебенками.

**Щебеночные покрытия** применяют на автомобильных дорогах IV–V категорий при небольшой интенсивности движения. Верхняя часть щебеночного покрытия интенсивно изнашивается из-за больших неровностей, при ударе колес автомобиля образуются выбоины. Покрытие устраивают послойно: в нижней части – крупный щебень, выше – более мелкий. Такой принцип заполнения крупных пор мелким щебнем называется заклинкой.

Типовые конструкции дорожных одежд применяют при проектировании и строительстве автомобильных дорог общего пользования. Дорожные одежды разработаны в соответствии с нормами проектирования автомобильных дорог СНиП 2.05.02–85 и приведены в альбоме типовых конструкций.

Дорожные одежды с капитальным покрытием могут быть одно- и двухслойными.

Верхний слой покрытия устраивают из плотного асфальто- или дегтебетона марок I или II толщиной 40–50 мм; нижний слой – из пористого и высокопористого асфальто- и дегтебетона марок I и II толщиной 50–80 мм.

Верхний слой основания устраивают из следующих материалов:

– из горячего пористого и высокопористого асфальтобетона мелко- и крупнозернистого (50–100 мм); щебня, обработанного органическими вяжущими в установке (60–100 мм); гравийной смеси с добавлением щебня с обработкой в установке (60–120 мм) с применением органического вяжущего;

– щебня обработанного органическими вяжущими методом пропитки (80–100 мм); горячего пористого дегтебетона мелко- и крупнозернистого (50–100 мм).

Для нижнего слоя основания толщиной 120–420 мм применяют различные материалы. Конструктивные слои основания подбирают исходя из наличия местных материалов.

Дорожные одежды с облегченным покрытием применяют для дорог III–IV категорий. Они представлены однослойным покрытием с усиленным верхним слоем основания или со слоем без дополнительного усиления.

Однослойное покрытие устраивают:

– из асфальтобетона холодного, мелкозернистой щебеночной или гравийной смеси марок I и II типов Б и В;

– песчаного асфальтобетона марок I и II типов Г и Д; плотного дегтебетона из горячей мелкозернистой щебеночной или гравийной смеси марок I и II типов Б и В; песчаной смеси марок I и II; плотного горячего асфальтобетона мелкозернистого марки III типов Б, В, Г, Д;

– фракционированного щебня, обработанного битумом по способу пропитки.

Верхний слой основания в качестве усиления принимают из пористого дегтебетона, из горячей мелко- или крупнозернистой смеси I и II марок.

Основанием могут быть различные материалы.

Переходные типы дорожных одежд применяют на дорогах IV–V категорий, они могут состоять из одного или двух конструктивных слоев.

Для верхних слоев применяют грунты с добавками гравия, шлака, щебня, с укреплением цементом; нижних слоев – местные материалы с добавлением дресвы, гравия, шлака.

### Контрольные вопросы

1. Дайте классификацию автомобильных путей сообщения: автомобильных дорог в зависимости от их значения.

2. Охарактеризуйте разделение автомобильных дорог на классы по условиям движения и доступа на них транспортных средств.

3. Рассмотрите техническую классификацию автомобильных дорог общего пользования.

4. Дайте определение геометрических элементов трассы автомобильных дорог по ГОСТ Р 52399–2005.

5. Приведите основные параметры элементов поперечного профиля проезжей части и земляного полотна автомобильной дороги.

6. Какие требования предъявляют к дорожным одеждам?

7. Расскажите о назначении конструктивных слоев дорожной одежды.

8. Приведите классификацию дорожных одежд.

9. В чем заключается существенное отличие жестких дорожных одежд от нежестких?

10. Расскажите об основных видах дорожных покрытий.

## 7. ГОРОДСКИЕ ПУТИ СООБЩЕНИЯ: ДОРОГИ И УЛИЦЫ

### 7.1. Классификация городских путей сообщения - дорог и улиц

К городским путям сообщения относятся улицы и дороги, представляющие собой сложные инженерные сооружения, состоящие из отдельных конструктивных элементов: проезжей части, тротуаров, полос зеленых насаждений, сети дождевой канализации. Городские дороги должны удовлетворять ряду требований, главными из которых являются удобство и безопасность движения транспорта и пешеходов. Они должны быть по возможности прямыми с хорошей видимостью в плане и продольном профиле. Ширина проезжей части и тротуаров должна соответствовать размерам транспортного и пешеходного движения. Дорожная одежда должна обладать необходимой прочностью, ровностью, шероховатостью. С проезжей части дорог и тротуаров должен быть обеспечен хороший водоотвод. Улица должна быть озеленена и хорошо освещена. Проезжую часть городских дорог ограждают бортовыми камнями, предохраняющими транспорт от съезда на тротуар или в газонную часть. Поэтому бортовые камни должны выступать над проезжей частью не менее чем на 15 см. В современных условиях большое значение приобретает организация стоянок автомобильного транспорта у крупных жилых и общественных зданий, вокзалов, стадионов, парков и т.д. Об улице как о комплексе инженерных сооружений можно судить по ее поперечному профилю. На поперечном профиле указаны элементы улицы в разрезе. В состав поперечного профиля входят: проезжая часть, тротуары, трамвайное полотно, полосы зеленых насаждений. Простейшим поперечным профилем городской улицы является профиль с проезжей частью и тротуарами. Зеленые насаждения – деревья и кустарники не только придают улице уютный и нарядный вид, но и защищают здания и прохожих от шума, пыли, выхлопных газов.

В зависимости от интенсивности движения и назначения улицы и дороги городов и других населенных пунктов делятся на скоростные дороги, магистральные улицы и дороги, улицы и дороги местного значения (табл. 13).

Таблица 13

## Деление улиц и дорог городов и других населенных пунктов

в зависимости от интенсивности движения и назначения

Категории улиц и дорог	Основное назначение улиц и дорог
1	2
Скоростные дороги	Скоростная транспортная связь между районами крупнейшего или крупного города и между городами и другими населенными пунктами системы группового расселения с развязкой движения транспорта в разных уровнях
Магистральные улицы и дороги: общегородского значения с непрерывным движением; общегородского значения с регулируемым движением; районного значения; дороги грузового движения;	Транспортная связь между жилыми, промышленными районами и общественными центрами, а также со скоростными дорогами в пределах города с развязкой движения транспорта в разных уровнях. Транспортная связь в пределах города между жилыми, промышленными районами и общественными центрами, а также с магистральными улицами непрерывного движения с устройством пересечений с другими улицами в одном уровне Транспортная связь в пределах района и с магистральными улицами общегородского значения с устройством пересечений с другими улицами в одном уровне Перевозка промышленных и строительных грузов, осуществляемая вне жилой застройки, между промышленными и коммунально-складскими зонами города с устройством пересечений с другими улицами и дорогами в одном уровне
Улицы и дороги местного значения: жилые улицы Дороги промышленных и коммунально-складских районов	Транспортная (без пропуска общественного транспорта) и пешеходная связь жилых микрорайонов и групп жилых зданий с магистральными улицами районного значения Перевозка промышленных и строительных грузов в пределах района, обеспечение связи с дорогами грузового движения с устройством пересечений с другими улицами и дорогами в одном уровне
Пешеходные улицы и дороги	Пешеходная связь с местами приложения труда, учреждениями и предприятиями обслуживания, местами отдыха и остановками общественного транспорта
Поселковые улицы	Транспортная связь внутри селитебной зоны с общественным центром, учреждениями и предприятиями обслуживания поселков и сельских населенных пунктов
Поселковые дороги проезды	Транспортная связь между селитебными и производственными зонами, промышленными и коммунально-складскими зонами, а также в пределах этих зон. Транспортная связь в пределах микрорайона

**Скоростные дороги** проектируются в крупных и крупнейших городах по направлениям наиболее интенсивных транспортных потоков в обход центральных и жилых районов с обеспечением высокой скорости и безопасности движения.

При проектировании и строительстве уличной сети в крупнейших городах определилось стремление выделять скоростные дороги, приобретающие значение дорог высшего технического класса. На этих дорогах обеспечиваются наилучшие условия движения транспорта благодаря полной изоляции пешеходов, отсутствию пересечений движения транспорта в одном уровне и более высоким техническим нормам проектирования. В результате на скоростных дорогах скорость движения транспорта увеличивается примерно в 2 раза, размеры пропускаемых потоков по одной ленте движения возрастают в 2,5–3 раза, при значительном повышении безопасности движения со снижением числа несчастных случаев в 4–5 раз в результате полной изоляции пешеходов от транспортного движения.

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

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

Транспортное обслуживание застройки, ближайшей к скоростной дороге, осуществляется путем устройства отдельных проезжих частей местного движения. Для обеспечения непрерывного движения транспорта без задержек все пересечения скоростных дорог с другими улицами и дорогами устраиваются только в разных уровнях. Устройство пересечений в одном уровне может быть допущено только временно на первую очередь строительства с обязательным выделением резервных территорий, обеспечивающих устройство в последующем развязки движения в разных уровнях.

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

Трасса скоростных дорог проектируется с радиусами кривых в плане по оси проезжей части не менее 600 м при рекомендуемой их величине в 3000–5000 м. Наибольшие допускаемые продольные уклоны 40‰ (или 4%), а при интенсивном движении грузового тран-

спорта – 30 %. Расчетные размеры движения на городских скоростных дорогах составляют 3000–4000 и более автомобилей (приведенных к легковым) в час.

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

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

По нормам проектирования для магистральных улиц общегородского значения расчетная скорость движения установлена в 80–100 км/ч, минимальные радиусы кривых в плане по оси проезжей части 400 м, наибольшие продольные уклоны 50 ‰ (или 5 %) . В горных и особо трудных условиях, а также на реконструируемых территориях при наличии сохраняемой капитальной застройки допускается увеличение наибольшего продольного уклона до 60 ‰.

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

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

Магистрали с непрерывным движением транспорта должны проектироваться со всеми пересечениями только в разных уровнях. Пропуск пешеходов, пересекающих полосы непрерывного движения транспорта, должен осуществляться только в разных уровнях. На улицах, пересекающих магистрали непрерывного движения, возможно применение непрерывного или регулируемого пропуска транспорта и пешеходов в зависимости от размеров движения.



Магистралли непрерывного движения проектируются по направлениям больших транспортных потоков и поэтому не должны, как правило, пересекать жилые районы. Если невозможно этого избежать, расстояния между линиями застройки по магистрали рекомендуется увеличивать до 100–120 м с тем, чтобы изолировать территорию застройки зелеными насаждениями.

Магистральные улицы общегородского значения с регулируемым движением транспорта характеризуются в крупных городах размерами движения в 1500–2000 автомобилей в час. Перекрестки с регулированием движения на магистральных улицах следует располагать не чаще чем через 0,5 км.

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

Магистральные улицы районного значения проектируются также для связи жилых районов с улицами общегородского значения или непосредственно с промышленными районами. По ним обычно пропускаются маршруты пассажирского транспорта.

Расчетные скорости движения для таких магистралей 80 км/ч, максимальные продольные уклоны 60 ‰ (или 6 ‰), минимальные радиусы кривых в плане 250 м.

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

**Жилые улицы** служат для транспортной и пешеходной связи микрорайонов и жилых кварталов с магистральными улицами. Размеры движения на них зависят от величины соответствующих микрорайонов и составляют 100–200 приведенных автомобилей в час. Маршруты пассажирского транспорта по жилым улицам обычно не проходят. Расчетные скорости до 60 км/ч.

Непосредственно к жилым улицам примыкают проезды, ведущие к отдельным зданиям или группам зданий.

**Улицы и дороги местного значения** в нежилых районах обслуживают предприятия, склады, грузовые станции, специальные промышленно-складские районы, коммунальные и другие сооружения и устройства. Размеры движения на них преимущественно грузовых

автомобилей зависят от объема и характера обслуживаемых ими объектов.

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

**Пешеходные дороги** устраиваются в микрорайонах, жилых районах, общественных и торговых центрах, парках, лесопарках, зонах отдыха, выставках, спортивных комплексах и других местах концентрации пешеходов. В последние годы в градостроительстве определилось стремление к максимальной изоляции пешеходов от путей движения транспорта. Пешеходные дороги предлагается прокладывать не в виде тротуаров вдоль проезжих частей, а по самостоятельным направлениям, выходящим к пунктам культурно-бытового обслуживания и остановкам общественного транспорта, а также по специальным аллеям или пешеходным улицам. Максимальный продольный уклон для тротуаров и пешеходных дорог составляет 80 ‰ (или 8 ‰), однако следует их трассировать, как правило, с уклонами не более 60 ‰.

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

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

**Торговые улицы** небольшой протяженности предназначаются для интенсивного пешеходного движения большого количества посетите-

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

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

**Парковые дороги** предназначаются для транспортной связи с лесопарками, городскими парками, курортами, зонами отдыха. Парковые дороги служат для движения маршрутов пассажирского транспорта и легковых автомобилей, а также велосипедистов по специальным дорожкам. Движение пешеходов проектируется по самостоятельным направлениям или по аллеям вдоль парковых дорог.

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

Наибольшая часовая интенсивность движения в обоих направлениях принимается с учетом развития на перспективу 20 лет для дорог I категории – свыше 2400 автомобилей, II – от 1600 до 2400 и III категории – от 800 до 1600 автомобилей.

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

– междугородняя транспортная связь с интенсивными потоками, часть которых заканчивается в городе, а другая часть проходит транзитом через город как промежуточный пункт;

– транспортная связь с сельскохозяйственной пригородной зоной и продовольственное снабжение населения города; обслуживание населения, промышленности и сельского хозяйства пригородной зоны; повседневная транспортная связь собственно города с населенными пунктами агломерации с обслуживанием трудовых и культурно-бытовых поездок пассажиров; обслуживание зоны отдыха города с интенсивными потоками пассажиров из города перед выходными днями и в город после выходных дней.

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

## Контрольные вопросы

1. Из каких отдельных конструктивных элементов состоят городские пути сообщения: улицы и дороги?
2. Расскажите о скоростных дорогах.
3. Дайте характеристику магистральным улицам и дорогам.
4. Охарактеризуйте улицы и дороги местного значения.
5. В каких местах города устраиваются пешеходные дороги?
6. Для каких целей предназначаются торговые улицы небольшой протяженности?
7. Раскройте основное назначение внегородских дорог по отношению к городам и населенным местам.

## 7.2. Особенности городского транспорта

**Городской транспорт** – комплекс различных видов транспорта, осуществляющих перевозку населения и грузов на территории города и ближайшей пригородной зоны, а также выполняющих работы, связанные с благоустройством города. При наличии в системе города городов-спутников и зон массового отдыха, удалённых от жилых массивов и промышленных районов, городской транспорт обслуживает всю агломерацию. Городской транспорт является важной отраслью городского хозяйства.

Развитие современных городов (особенно с населением 100 тыс. жителей и больше) сопровождается увеличением их территории, миграцией населения в новые окраинные районы, удалением жилых районов от мест приложения труда. Следствие этого – увеличение дальности пути горожан на работу, рост числа жителей города, пользующихся транспортом, и увеличение среднего количества поездок одного жителя в год. Быстро растёт и объём грузовых перевозок внутри городов. Развитие городского транспорта и улучшение обслуживания населения, особенно пассажирским транспортом, влияет на бюджет времени населения.

Городской транспорт включает:

- транспортные средства (подвижной состав);
- путевые устройства (рельсовые пути, туннели, эстакады, мосты и путепроводы, станции, остановочные пункты и места для стоянок);
- пристани и лодочные станции; средства энергоснабжения (тяговые электроподстанции, кабельные и контактные сети, бензозаправочные станции – бензоколонки);
- ремонтные мастерские и заводы; депо и гаражи;

- станции технического обслуживания, пункты проката автомобилей;
- линейные устройства (связь, сигнализация, блокировка);
- диспетчерское управление.

По назначению городской транспорт подразделяют на пассажирский, грузовой и специальный транспорт.

Городской пассажирский транспорт является важнейшим и капиталоемким элементом транспортной инфраструктуры. Любые отклонения от нормального его функционирования остро ощущаются населением. Он предназначается для перевозок населения между центрами транспортного тяготения, к которым относятся предприятия, организации, культурные, спортивные, бытовые и другие учреждения. По вместимости транспортных средств различают индивидуальный пассажирский транспорт (легковые автомобили, мотоциклы, велосипеды) и массовый, или общественный, городской транспорт (автобусы, троллейбусы, трамваи, метрополитен, городские железные дороги, речные суда, монорельсовые дороги и т.п.). К немаршрутным видам городского пассажирского транспорта относят автомобили всех классов, удельный вес которых в пассажирских перевозках постоянно возрастает и требует учета при определении архитектурно-планировочных решений как жилых (селитебных) территорий, так и других городских планировочных структур.

На долю городского пассажирского транспорта приходится основной объем перевозок, и для их выполнения привлекается значительный парк транспортных средств. Кроме того, он влияет на процессы расселения, формирование и застройку микрорайонов. Элементы городского пассажирского транспорта и их системные связи обеспечивают перевозки пассажиров в условиях конкретного города и тесно связаны с его характеристиками, к которым относятся функциональная, зонирования, взаиморазмещения центров массового тяготения населения, планировочная и территориальная. Эти характеристики в основном определяют количество транспортных корреспонденций, их длину, затраты времени, объем работы городского пассажирского транспорта, называемый пассажиропотоком. Величина пассажиропотоков, их распределение по направлениям, колебания во времени, пиковые нагрузки учитываются при обосновании маршрутной сети, выборе подвижного состава, мощности подсистем энергоснабжения, устройств организации транспортного движения в пределах города.

Важное технико-экономическое значение имеет соотношение капитальных вложений и эксплуатационных расходов в элементы систем городского пассажирского транспорта. Системы, отличающиеся большой

долей затрат на путевые сооружения и соответствующие устройства, обладают низкой маневренностью. Их рассчитывают на длительный срок эксплуатации и проектируют на основе точного и надежного прогноза. Пример таких систем – метрополитен или надземные скоростные рельсовые дороги, монорельсовые системы транспорта. Если же капитальные вложения приходится главным образом на подвижной состав, то такие системы отличаются высокой маневренностью и легкой приспособляемостью к изменениям пассажиропотоков (автобус и в меньшей степени троллейбус). Они используются для транспортного освоения вновь осваиваемых под городскую застройку территорий, так как не требуют длительного периода строительства объектов путевого хозяйства. Варианты систем городского пассажирского транспорта необходимо оценивать комплексно, учитывая их прямой народнохозяйственный эффект в сфере деятельности самого транспорта и косвенный (социально-экономический), возникающий в смежных отраслях. Так, например, экономится время и энергия человека, улучшается состояние окружающей среды, снижается воздействие шума и вибрации на городскую застройку. В крупных городах с населением более 1 млн чел. возникает проблема строительства метрополитенов и надземных, видов пассажирского транспорта, не перегружающих улично-дорожную сеть города, так как наземные виды транспорта достигают предела эффективного освоения растущих пассажиропотоков. Капитальные вложения в их развитие становятся неэффективными, снижается фондоотдача, падает производительность труда в транспортной сфере. Транспортная система города должна обеспечивать бесперебойное, безопасное своевременное перемещение людей и грузов. По существующим нормативам предельные затраты времени передвижений на работу в одну сторону зависят от величины города и в крупнейших городах для 90 % пассажиров не должны превышать 40 мин. Однако этот норматив не связан с другими качественными показателями транспортного обслуживания: наполнением подвижного состава, регулярностью движения, скоростью сообщения, то есть уровнем развития городского транспорта. Обычно выделяется три этапа развития города и его транспортных структур:

1) транспортные связи открывают новые возможности развития города;

2) развитие транспортной сети повышает качество обслуживания городского населения;

3) улучшение транспортного обслуживания способствует дальнейшей урбанизации городского и пригородного транспорта и приросту вновь осваиваемых под застройку территорий.

Городской транспорт грузовой включает:

- грузовой автомобильный транспорт общего назначения и специализированный, выполняющий основной объём грузовых перевозок в городах;

- грузовой таксомоторный автотранспорт, обслуживающий индивидуальные грузовые перевозки населения;

- грузовой электротранспорт – трамваи и троллейбусы, осуществляющие в некоторых городах перевозку грузов по стабильным направлениям;

- конный (гужевой) транспорт, имеющий распространение в малых городах и посёлках городского типа для перевозки небольших объёмов грузов на короткие расстояния.

Грузовые перевозки в городах производятся также железнодорожным промышленным транспортом, который обслуживает крупные промышленные предприятия и склады, и водным транспортом в городах, расположенных на берегах судоходных рек и морском побережье.

В городах России грузовые перевозки осуществляются, как централизованно крупными транспортными предприятиями, объединяющими в своих хозяйствах основной парк грузовых автомобилей, так и индивидуальными перевозчиками.

Городской транспорт специальный состоит из парка специализированных автомобилей по обслуживанию нужд города и его населения – снегоочистительные и снегоуборочные машины, машины для посыпки улиц песком в зимнее время, подметальные, тротуароуборочные и поливочные машины, мусоровозы, автовышки, пожарные машины, санитарные машины и др.

### 7.3. Городские транспортные узлы

Транспорт представляет собой совокупность средств, предназначенных для перемещения людей, грузов, сигналов и информации из одного места в другое.

Понятие транспорта включает в себя несколько аспектов: грубо их можно разбить на инфраструктуру, транспортные средства и управление. Инфраструктура включает используемые транспортные сети или пути сообщения (дороги, железнодорожные пути, воздушные коридоры, каналы, трубопроводы, мосты, тоннели, водные пути и т.д.), а также транспортные узлы или терминалы, где производится перегрузка груза или пересадка пассажиров с одного вида транспорта

на другой (например, аэропорты, железнодорожные станции, автобусные остановки и порты).

Транспортными средствами обычно выступают автомобили, велосипеды, автобусы, поезда, самолёты. Под управлением понимается контроль над системой, например сигналы светофора, стрелки на железнодорожных путях, управление полётами и т.д., а также правила (среди прочего, правила финансирования системы: платные дороги, налог на топливо и т.д.).

Транспортным узлом называется комплекс транспортных устройств в пункте стыка нескольких видов транспорта, совместно выполняющих операции по обслуживанию транзитных, местных и городских перевозок грузов и пассажиров. Транспортный узел как система – совокупность транспортных процессов и средств для их реализации в местах стыкования двух или нескольких магистральных видов транспорта. В транспортной системе узлы имеют функцию регулирующих клапанов. Сбой в работе одного такого клапана может привести к проблемам для всей системы.

Общественно-транспортные центры (узлы) города включают две функциональные зоны: железнодорожные вокзалы и линии.

При разработке генплана крупного города и отдельных его территорий, на которых размещается центр (узел) общественно-транспортного назначения, необходим детальный анализ градостроительной ситуации предполагаемого района строительства и системных разработок со структурным анализом состояния городской среды, с материалами социологического анализа и динамического моделирования городской инфраструктуры места проектирования. Это позволит найти оптимальные направления и варианты разработок, определить необходимость и целесообразность насыщения близлежащими к узлу территории конкретными объектами.

Наиболее значительными по обслуживаемому потоку пассажиров и занимаемой территории являются транспортные зоны пересадочных узлов, формируемых на базе вокзальных комплексов. Их отличительной особенностью является наличие пересадочных зон, занимающих территории в радиусах 100–400 м площадью 1,5–16 га.

Остановочные пункты городского общественного транспорта оборудуются посадочными платформами и навесами и располагаются по возможности приближенно к входам и выходам вокзала.

На привокзальных площадях выделяют участки, предназначенные для посадки и высадки пассажиров, стоянки, для кратковременного и долговременного хранения (отстоя) средств общественного, специаль-



ного, грузового и индивидуального транспорта и изолированные от путей движения транзитного транспорта.

В пределах территории общественных центров должны предусматриваться «пешеходные улицы», связанные с остановочными пунктами общественного транспорта, конечными станциями городских скоростных автобусов-экспрессов, других видов транспорта.

Новые виды транспорта требуют сооружения либо вокзалов, либо станций (последнее имеет большую практику), на базе которых формируются новые общественно-транспортные центры (узлы), которые в современных градостроительных условиях строятся, как правило, многоуровневыми с применением новых планировочных решений, позволяющих предоставить больше удобств пассажирам и эффективно использовать территорию (сооружение конкорсов, заглубления, подземные этажи и др.).

В общественно-транспортных центрах (узлах) следует предусматривать использование подземного пространства для размещения транспортных сооружений, площадок для стоянки автомобилей в увязке с наземными зданиями и др. в соответствии со строительными нормами и правилами. Вместимость автостоянок, их объемно-планировочное решение определяются архитектурно-планировочным заданием в зависимости от особенностей участка строительства, его размеров, условий подъезда и выезда, характера застройки и потребностей заказчика.

На всех стадиях развития объемно-пространственная система может состоять из нескольких обособленных или взаимодействующих между собой составляющих, которые могут использоваться универсально, а в будущем – специально.

Показателен опыт, накопленный в ряде зарубежных городов, – Париже, Монреале, Хельсинки, Лос-Анджелесе, Лондоне, где в вокзальных комплексах – пересадочных узлах широко используется подземное пространство для размещения объектов функционального назначения (багажное помещение, камера хранения, туалеты, курительные комнаты и др.) и попутного обслуживания (торговые точки, киоски, видеосалоны и др.).

Необходима проработка концепции решения генерального плана с учетом этих требований и с применением при проектировании «модульного дизайна» (модульный проект, сориентированный на применение отдельных ярко выраженных блок-модулей). Варианты применения объемно-конструктивных строительных ячеек могут включать в себя: железнодорожный вокзал; гостиницу; торговый комплекс с зоной культурно-бытового обслуживания; административное здание; жилые дома; территории транспортной зоны вокзала; подземные переходы,

галереи с устройством пандусов и движущихся тротуаров, наклонных подъемников и т.д.

Общественно-транспортные центры (узлы) создаются, как правило, многоуровневыми. Наземная часть включает различные объекты, имеющие общие инженерные сети и коммуникации. В таких зданиях активно используется подземное пространство.

В этой зоне можно выбрать маршрут экскурсии или деловой поездки с привлечением компьютерных средств, а также получить всевозможные справки об учреждениях, предприятиях, объектах культуры, спорта, культового назначения. Справочное бюро, работающее круглосуточно, поможет заблаговременно купить билет на любой вид транспорта и забронировать места в случае транзитного проезда.

Особую важность приобретает создание общественно-транспортных центров при въездах в крупный город, где приезжающим необходимо предоставить обширную информацию о городе одновременно с комплексом услуг и обеспечением комфорта. Общественно-транспортные центры определяют собой первое впечатление от города, а иногда от страны в целом. Эти факторы влияют на требования, предъявляемые к объемно-планировочным решениям и архитектурной композиции.

Размещение приезжающих значительно упрощается при создании гостиниц и гостиничных комплексов вблизи транспортно-пересадочных пунктов. Это сокращает затраты времени и энергии на передвижение и достигается путем увязки расположения объектов культурно-бытового назначения с транспортной инфраструктурой города.

Автостоянки на территории общественно-транспортных центров могут размещаться ниже или выше уровня земли и состоять из подземной и наземной частей, пристраиваться к зданиям другого назначения или встраиваться в них, в том числе располагаться под этими зданиями в подземных, цокольных или первых наземных этажах, а также под жилыми домами.

Кооперирование сооружений транспорта и общественных учреждений создает дополнительные резервы экономии площадей городских территорий и возможность кооперирования ряда элементов, таких, как рестораны; помещения администрации отеля; технический этаж; служебные помещения; торговые пространства, соединенные со входами в метро; зимний сад.

Опыт строительства и проектирования общественно-транспортных центров (узлов) в крупных отечественных и зарубежных городах показывает большое разнообразие специализированных объектов общественных зон, среди которых учреждения управления, торговли, культуры,

образования, отдыха и др. В свою очередь, такие объекты могут включать узкоспециализированные блоки.

Дизайн, реклама, архитектурно-художественное оформление въездов в крупный город должны отвечать принципам гостеприимства. Рекомендуются рассмотрение вопроса об уплате налога за въезд-выезд из города, средства от которого могут поступать непосредственно в бюджет того района, в котором находится общественно-транспортный центр, на нужды по его благоустройству и решение острых социальных проблем.

### Контрольные вопросы

1. Что включает в себя городской транспорт?
2. Как подразделяется транспорт по назначению?
3. Раскройте особенности городского пассажирского транспорта.
4. Что включает в себя городской грузовой транспорт?
5. Из чего состоит специальный городской транспорт?
6. Дайте определение понятию «транспорт».
7. Что называется транспортным узлом?
8. Как оборудуются остановочные пункты городского общественного транспорта?
9. Для каких целей предназначаются участки на привокзальных площадях?
10. В чем заключается особая важность создания общественно-транспортных центров при въездах в крупный город?

## 8. ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ ТРАНСПОРТ

### 8.1. Виды производственного транспорта

**Промышленный транспорт** – производственный транспорт промышленных предприятий, осуществляющий перемещение предметов и продуктов труда в сфере производства. С одной стороны, промышленный транспорт является неотъемлемой составной частью производства, а с другой – важнейшим звеном транспорта общего пользования. Объём перевозок железнодорожного и автомобильного промышленного транспорта примерно в 1,5 раза превышает объём перевозок этими видами транспорта общего пользования в год. Численность рабочих, занятых на промышленном транспорте, составляет примерно 1/4 от общей численности рабочих промышленности. По территориальному признаку эксплуатации и связи с технологическим процессом производства промышленный транспорт разделяется на внутренний и внешний. В обрабатывающей промышленности внутренний транспорт включает внутрицеховой и межцеховой, а в добывающей – внутришахтный (подземный), транспорт на поверхности и карьерный транспорт (при открытом способе разработки). Внутрицеховой промышленный транспорт является составной частью технологического процесса производства, выполняя в пределах цехов перемещения заготовок и узлов между рабочими местами, участками и отделениями. Межцеховым промышленным транспортом, преимущественно не связанным с технологическим процессом, осуществляются перемещения материалов, полуфабрикатов и готовых изделий между цехами и складами, расположенными на территории предприятия или в одном с ним промышленном узле. Для современных машиностроительных предприятий характерна организация так называемого сквозного транспорта, объединяющего внутри- и межцеховые перемещения. Внешний промышленный транспорт предназначен для доставки на предприятия сырья, топлива, материалов, оборудования и других грузов, а также для вывоза с территории предприятий готовой продукции в пункты передачи её на магистральный транспорт или непосредственно потребителю. На промышленных предприятиях России используют различные виды транспорта: железнодорожный, водный, автомобильный, напольный безрельсовый, конвейерный, канатно-подвесной, монорельсовый подвесной (канатные и монорельсовые дороги) и трубопроводный (гидравлический транспорт и пневматический).

Техническую базу промышленного транспорта составляют: железнодорожный и автомобильный подвижной состав, плавучие средства,

подъёмно-транспортные и погрузочно-разгрузочные машины, транспортные здания (например, депо, гаражи, ремонтные мастерские), сооружения (пути, дороги, причалы, эстакады, галереи и др.).

На долю железнодорожного транспорта в промышленности приходится 36 % всего объёма перевозок сыпучих грузов. Протяжённость железнодорожных путей составляет около 130 тыс. км. Наиболее развитые железнодорожные хозяйства имеют чёрная и цветная металлургия, угольная и лесная промышленность, машиностроение. Повышение технического уровня железнодорожного транспорта промышленных предприятий выражается во внедрении прогрессивных видов тяги (тепловозов и электровозов), 4- и 6-осных специализированных вагонов, в том числе саморазгружающихся, средств автоматики и телемеханики, диспетчеризации. Средствами водного транспорта выполняются в основном погрузка и разгрузка судов общего пользования, а при наличии у предприятий собственного флота – также и внешние перевозки. Например, из общего объёма сухогрузов, перевозимых ежедневно речным транспортом общего пользования, свыше 25 % загружается и выгружается на причалах промышленных предприятий, число которых превышает 1500, с общей длиной причальной линии свыше 157 км. Техническая оснащённость причалов, шахт, рудников, карьеров, металлургических, машиностроительных и других заводов характеризуется наличием различного оборудования: конвейеров, береговых и плавучих подъёмных кранов, пневмоперегрузателей и т.п.

Доля автомобильного транспорта в общем объёме перевозок сыпучих грузов, выполняемых производственным транспортом, составляет свыше 46 %. На предприятиях в различных отраслях промышленности для внутренних и внешних перевозок используются бортовые автомобили и самосвалы, тракторные самосвалы, седельные тягачи, трайлеры, троллейбусы и т.п. Напольный и безрельсовый транспорт применяется преимущественно на предприятиях обрабатывающей промышленности в качестве внутрицехового производственного транспорта (электропогрузчики, электротележки, напольные штабелёры) и межцехового производственного транспорта (автопогрузчики, авто- и электротягачи с прицепными тележками). Мобильность и возможность работы с различными грузами при наличии необходимого для этого ассортимента съёмных грузозахватных устройств делают применение погрузчиков весьма эффективным также и в технологических процессах.

Конвейерный транспорт, доля которого в общем объёме перемещения сыпучих грузов составляет 12 %, обладает высокой производительностью и возможностью полной автоматизации транспортно-

перегрузочного процесса, является одним из наиболее эффективных видов внутреннего и внешнего производственного транспорта. Применение его взамен железнодорожного и автомобильного производственного транспорта позволяет более экономично решать генеральные планы предприятий и обеспечивать доставку массовых сыпучих грузов (уголь, руда, песок и др.) на большие расстояния (до 100 км и более). Канатно-подвесной транспорт широко используется в промышленности (угольной, строительных материалов, металлургической, химической и др.) для внутренних и внешних перевозок грузов (например, полезных ископаемых от мест добычи к пунктам потребления или передачи на другие виды транспорта, а породы в отвал).

Монорельсовый транспорт применяется главным образом в обрабатывающей промышленности в качестве внутрицехового и межцехового производственного транспорта. Техническими средствами этого вида производственного транспорта являются электрические тали, подвесные электротягачи и электротележки. Гидравлический и пневматический транспорт обладает теми же преимуществами, что и конвейерный транспорт, и применяется в качестве внутреннего и внешнего транспорта машиностроительных предприятий, в угольной, горнорудной и других отраслях промышленности. Гидротранспорт используется для удаления в отвалы отходов литейного производства, перемещения породы на открытых горных разработках, для доставки полезных ископаемых. Пневмотранспорт применяется в качестве внутреннего производственного транспорта в машиностроении – для подачи материалов в литейные цехи, для доставки в выработки шахт закладочного материала и т.п. Новый вид пневмотранспорта – пневмокапсульный, как и гидротранспорт, перспективен для перемещения грузов на большие расстояния.

Выбор вида производственного транспорта производится на основе технико-экономических расчетов, трудоёмкость которых может быть значительно сокращена при наличии заранее разработанных областей рационального применения различных видов транспорта, в зависимости от основных факторов (например, грузопотока, дальности перевозок, рельефа местности и т.п.).

Технический прогресс в области производственного транспорта характеризуется следующими главными направлениями:

- совершенствование организации работ и управления в результате внедрения комплексной производственной технологии, регламентирующей весь процесс производства, включая работы, выполняемые производственным транспортом;

- разработки взаимоувязанной технологии работы производственного транспорта с магистральным транспортом;
- развитие новых форм организации управления железнодорожным и автомобильным производственным транспортом на основе объединения их в крупные отраслевые и межотраслевые предприятия и комбинаты;
- организация специализированных баз по ремонту транспортной техники;
- внедрение централизованных межцеховых перевозок по заранее разработанным маршрутам и графикам (расписанию);
- внедрение автоматизированного управления производственного транспорта как подсистемы АСУ предприятий;
- механизация и автоматизация подъемно-транспортных и погрузочно-разгрузочных работ и внедрение новой техники, особенно непрерывного транспорта, а также научной организации труда, передового опыта и достижений науки и техники.

**Железнодорожный транспорт** используют для перевозки любых видов грузов, размеры которых ограничиваются лишь возможностями перегрузочных устройств и габаритами погрузки железных дорог.

Железнодорожный промышленный транспорт выполняет в 3 раза больший объем перевозок, чем магистральный, и обслуживает в основном крупные предприятия добывающей и обрабатывающей промышленности. Пути сообщения отличаются большой криволинейностью участков с малым радиусом кривой (100 м и менее); 60 % подъездных путей имеют длину 1,5–2,5 км и характеризуются грузонапряженностью от нескольких тысяч до 20 млн т-км/км в год.

Большая доля работ приходится на открытые разработки в карьерах, шахтах, рудниках, на крутых уклонах при вскрышных работах и т.п.

На заводских территориях используются в основном тепловозы мощностью 150–4000 л.с., в шахтах и на некоторых открытых разработках горнообогатительных комбинатов используют электровозы мощностью до 2100 кВт. Для вывоза грузов из карьеров глубиной 500 м и более созданы специальные электровозы или тяговые агрегаты (локомотивы, состоящие из нескольких секций для увеличения тяговых усилий). Существуют гибридные локомотивы и тяговые агрегаты, которые при наличии контактных сетей работают как электровозы, а на других участках – как тепловозы с дизельным двигателем. Парк вагонов подразделяется на грузовые (90 %) и пассажирские.

Для перевозки отдельных грузов создан специализированный подвижной состав (примерно 70 % от общего). В него, например, входит чугуновоз для жидкого металла (грузоподъемность 100–600 т);

шлаковоз для расплавленного шлака температурой 1400–1500 °С; думпкары и вагоны-хопперы (вагоны-самосвалы грузоподъемностью до 200 т) для насыпных грузов; платформы для горячих слитков массой 160 т, негабаритных грузов; цистерны для жидких, вязких, порошкообразных и газообразных грузов (аммиака, хлора, пропана, бутана) и др. Поскольку нагрузка на оси может достигать 230, 300 и даже 400 кН, то применяются сверхпрочные рельсы для движения по ним со скоростью 8–15 км/ч.

Для повышения эффективности использования промышленного железнодорожного транспорта образованы объединенные предприятия, а в крупных промышленных узлах – межотраслевые предприятия, обслуживающие грузовладельцев разных ведомств.

**Автомобильный транспорт** работает в цехах, на открытых горных разработках, является основным в карьерах. Он представлен в основном самосвалами различной грузоподъемности (27, 40, 45, 65, 120, 180 т и более). За рубежом используют самосвалы грузоподъемностью до 600 т и мощностью двигателя 3300 л. с. (например, во Франции на добыче угля). В промышленном транспорте используют также специализированные автомобили (углевозы, шлаковозы, цементовозы, растворовозы и др.) и автомобили специального назначения (автокраны, автопогрузчики, пожарные и др.). Благодаря замкнутости территории предприятия возможно применение автомобилей без водителей. Например, на химическом предприятии г. Ульме (Германия) идет коммерческая эксплуатация грузовика, вмещающего 14 европоддонов, движущегося по 200-метровому маршруту и управляемого полностью в автоматическом режиме. Годовая производительность такого автомобиля – 120 тыс. т за 10 000 поездок. Движение контролируется специальными датчиками, встроенными в дорожное полотно через определенные интервалы.

Работает автомобильный транспорт с большой нагрузкой. Так, при добыче бриллиантов в кимберлитовых горных породах, содержащих до 8–10 % алмазов, автомобили-самосвалы грузоподъемностью 40 т движутся с интервалом до 1 мин.

Для обеспечения безопасной организации работы в карьерах широко применяют различные информационные системы со средствами автоматики и телемеханики, позволяющие согласовывать работу самосвалов и экскаваторов.

**Водный транспорт** применяется в промышленном производстве, расположенном на берегах озер, рек и морей, чаще всего на бумагоделательных предприятиях (например, на Балахнинском бумагодела-



тельном комбинате, целлюлозно-бумажном комбинате на берегу озера Байкал).

**Воздушный транспорт** представлен, в основном, вертолетами и используется как внешний для доставки грузов на предприятия с конвейерной системой производства.

**Конвейерный, канатно-подвесной, пневмо- и гидротранспорт** характеризуются стационарным использованием и узкой специализацией по видам грузов, а также меньшими издержками. Эти виды транспорта применяют для транспортировки сыпучих грузов (эффективной считается перевозка сыпучих грузов на расстояния до 200 км), добычи нерудных строительных материалов, удаления отходов при горнообогатительных работах, а также золы и шлака с предприятий теплоэнергетики, перемещения грунта со строительных площадок, в том числе при намыве плотин и перемычек на объектах энергетики.

Технические характеристики специфических видов транспорта приведены в табл. 14.

Т а б л и ц а 14

Технические характеристики специфических видов транспорта

Вид транспорта	Производительность, тыс. т/ч	Дальность транспортировки, км
Конвейерный	До 40	15-50
Канатно-подвесной	До 1,0	8-10
Пневматический	0,3-0,5	10-15
Гидравлический	До 1,0	25-200

**Конвейерный транспорт** применяют для насыпных грузов (кокса, мела, песка, гипса, глины, гравия, торфа, угля, минеральных удобрений, щебня, щепы и др.) при производстве нерудных строительных материалов (от карьера до завода, обогатительной фабрики или причала); на металлургических, машиностроительных предприятиях (от фабрики в бункера доменного или сталеплавильного цеха, до ТЭЦ, на обжиг, в отвалы для горелой земли и т.д.); на тепловых электростанциях (топливо от приемных устройств в бункера мельниц или котельных); в гидроэнергостроительстве (от карьеров до мест строительства плотин, дамб и т.п.); в химической промышленности (для технологии производства и отходов в отвалы); на открытых горных разработках (от мест добычи до склада мест переработки или вскрышных пород в отвалы) и др. Фракции бывают до 400 мм. Часто применяют ленточные конвейеры, стационарные или передвижные, с резиноканево-резинотросовой, стальной или специальной лентой, ленточно-канатные, пластинчатые, скребковые, ковшовые, винтовые, подвесные конвейеры для замкнутой трассы и другие типы транспортеров.

**Канатно-подвесной транспорт** используется для транспортировки штучных и тарных грузов (рулонов бумаги, грузов в мешках, бревен и т.п.), а также для насыпных грузов фракций до 150–200 мм (бокситов, гравия, дробленого камня, кокса, соды, руды, угля и др.), особенно в условиях пересеченной и горной местности. Строятся канатные дороги на опорах. При затруднении использования наземного транспорта в горных условиях могут применяться переносные канатные дороги. Груз размещается в вагонетках.

Основные технико-эксплуатационные особенности и достоинства канатно-подвесного транспорта: малая зависимость от рельефа местности; большие допустимые уклоны пути и пролеты между опорами, что позволяет прокладывать их по кратчайшему пути и пересекать естественные и искусственные преграды; малая зависимость от атмосферных условий и полная автоматизация погрузки-выгрузки и транспортировки. Производительность канатной дороги с вагонетками может достигать 450 т/ч. За рубежом есть канатные дороги довольно большой длины (например, в Швеции – 98 км, в Норвегии – 62 км).

**Монорельсовый подвесной транспорт** используется для тарных и штучных грузов (грузы в бочках, контейнерах, ящиках, длинномерные, на поддонах, в упаковке и др.), а также для затаренных сыпучих и жидких грузов на внутри- и межцеховых перевозках. Широко применяется в текстильной и легкой промышленности, а также для перевозки пассажиров в сети подземных выработок с различными уклонами неограниченной длины.

Основные технико-эксплуатационные особенности и достоинства монорельсового транспорта: механизация и автоматизация перегрузочных и транспортных работ и исключение отрицательного воздействия на окружающую среду.

Относительные недостатки монорельсового транспорта: значительные капитальные вложения на строительство эстакады для перемещения транспортного средства.

**Пневматический транспорт** используется для насыпных грузов (бытовых отходов, угольной пыли, цемента, гравия, окатышей, щебня, золы, щепы и др.). Эффективно применяется для транспортировки пылевидных, зернистых и мелкокусковых грузов (фракции до 100–150 мм) на небольшие расстояния (редко до 2 км). Груз перемещается по трубе в струе воздуха, нагнетаемого компрессорами, воздуходувками, вентиляторами или вакуум-насосами. Перемещение груза происходит за счет разности давлений в начале и конце трубопровода.

Применяется также пневмоконтейнерный транспорт, в котором по трубе диаметром 200–1200 мм благодаря нагнетанию воздуха движется

цилиндрический контейнер-патрон с грузом. Контейнеры могут оборудоваться ходовыми колесами. Такие системы расширяют номенклатуру перевозимых грузов. Разновидностью пневмотранспортных устройств являются пневможелоба с перфорированным дном для насыщения воздухом порошкообразных грузов, что ускоряет их продвижение.

Основные технико-эксплуатационные особенности и достоинства пневмотранспорта: герметичность системы, отсутствие потерь груза и защита его от внешнего воздействия, легкость обслуживания, безопасность для обслуживающего персонала, возможность одновременно с транспортировкой проводить такие необходимые технологические процессы, как сушка, охлаждение и др.

Относительные недостатки пневмотранспорта: высокий удельный расход энергии, изнашивание трубопроводов (особенно в местах поворотов трубы), воздействие влажности, налипание, слеживаемость груза.

**Гидравлический транспорт** перемещает насыпные грузы с размерами частиц 50–100 мм (уголь, глину, концентраты, песок и песчано-гравийную смесь, строительные растворы, золу, шлаки и другие отходы, фосфогипс и др.) из шахт и карьеров на перерабатывающие предприятия и обогатительные фабрики, а затем – на другие предприятия для дальнейшего производства, утилизации или на строительные объекты, в отвал и т.п. С помощью гидротранспорта перемещаются грузы, пребывание которых в воде, как правило, не ухудшает их качеств.

Система гидротранспорта состоит из ряда взаимоувязанных сооружений, установок и устройств, с помощью которых осуществляется приемка исходного материала, перекачка по трубам с помощью насосов, а затем обезвоживание материала и передача его получателю. Перекачка груза может осуществляться самотеком при уклонах трубы (лотка); используется в основном как гидросмыв при уборке шлаков, грунта, для закладки выработанного пространства.

Относительные недостатки гидравлического транспорта: ограничения по видам груза, необходимость его размельчения и перемешивания с водой (образование пульпы), опасность замерзания в зимних условиях, значительный расход воды, износ оборудования при работе с абразивными материалами и трудности обезвоживания.

Главным же преимуществом гидравлического транспорта можно считать исключение трудоемких погрузочно-разгрузочных и перегрузочных работ, отсутствие пыли и другого неблагоприятного воздействия на окружающую среду, отсутствие потерь груза и др.

Гидротранспорт используется во всем мире для транспортировки простых сортов угля, руды и других полезных ископаемых. Гидротранспорт может выходить за пределы промышленного при осуществлении непосредственной связи нескольких предприятий.

Для транспортировки грузов, при больших пассажиропотоках, в частности в метро (например, в Вене), может использоваться лифт. Лифт бывает прерывного и непрерывного действия. Лифты непрерывного действия используются, как правило, в учреждениях.

При выборе видов промышленного транспорта и сравнении вариантов следует учитывать транспортные издержки по всему процессу между начально-конечными пунктами.

Технология работы промышленного транспорта определяется его видом.

В России и за рубежом широко используется система дистанционного управления подвижным составом промышленного транспорта, особенно железнодорожного, поскольку он привязан к колее.

Проблемы и тенденции развития промышленного транспорта: удовлетворение условий технологического процесса обслуживаемого предприятия; соответствие техническому состоянию транспорта общего пользования, с которым он взаимодействует; развитие различных видов транспорта непрерывного действия и широкое внедрение автоматизированных систем.

**Транспорт энергии.** С 1920 г. в нашей стране началось создание Единой энергетической системы страны по плану ГОЭЛРО. Основными источниками энергии были тепловые станции на угле и торфе, а позже – гидроэлектростанции (как более дешевые). Основное наращивание мощностей началось с вводом атомных электростанций (АЭС). Многие страны получают основную энергию именно с АЭС (например, Франция 70 % энергии получает с АЭС). В России насчитывается 10 крупных АЭС, дающих более 12 % электроэнергии. Часть вырабатываемой энергии наша страна экспортирует. Однако несколько серьезных аварий, происшедших на атомных станциях и имевших тяжелые последствия, например, взрыв на Чернобыльской АЭС на Украине, поставили вопрос о допустимости расширения строительства атомных станций при сегодняшнем уровне безопасности. Некоторые государства, например Германия, в ближайшие годы намерены закрыть часть своих старых атомных станций.

Отличительная особенность технического оснащения транспорта энергии, как и трубопроводного, состоит в том, что кабели или линии электропередачи (ЛЭП) являются и подвижным составом, и путями, по которым проходит груз (в данном случае энергия). Энергия пере-

дается по линиям электропередач; в городах она поступает на специальные распределительные устройства.

Для нормальной жизнедеятельности необходимо большое количество энергии, особенно в крупных городах. Например, в Германии на 1 км<sup>2</sup> городской площади приходится 2500 кВт, что соответствует 25 тыс. 100-ваттных ламп, Лондон потребляет энергии в 2 раза больше, Нью-Йорк – в 3 раза больше, Париж – в 5,5 раза больше, т.е. 14 тыс. кВт. Потребление увеличивается.

Такое большое количество энергии передать с помощью существующих воздушных линий практически невозможно. Проблему будут решать ЛЭП повышенного напряжения (1000 кВ и более). Так, Экибастуз должен передавать энергию под напряжением 1250 кВ.

Линии электропередач с повышенным напряжением и постоянным током (постоянный ток дает возможность передавать энергию с большей скоростью, а при переменном токе возникает больше потерь) должны проходить вне городов, где происходит преобразование постоянного тока в переменный. С точки зрения экологии, ЛЭП требуют полосу отчуждения до 100 м. Подземные силовые кабели при высокой концентрации энергии из-за неизбежных потерь нагревают почву вплоть до высыхания; при проведении параллельных линий возможно их нежелательное взаимное влияние из-за тепловых потерь.

Проблемы и тенденции развития транспорта энергии: увеличение мощности передачи (объема транспортировки) благодаря поиску новых способов, прежде всего охлаждения, при котором параллельно кабелю прокладывают трубопровод с водой или располагают трубу внутри кабеля, помещенного в трубу большего диаметра с охлаждающей жидкостью. Такой способ увеличивает объем транспортировки в 4 раза. Кроме того, рассматриваются вопросы замены материала для изготовления кабелей, повышения напряжения в сетях.

Линии электропередач напряжением 2250–2500 кВ заменят перевозку 26–80 т топлива в год и будут конкурировать с железной дорогой для расстояния 2–4 тыс. км. Несмотря на многочисленные гидро- и теплоэлектростанции (Красноярскую, Саяно-Шушенскую, Братскую и др.), в нашей стране ощущается нехватка энергии, так как в ней нуждаются все отрасли промышленного производства и население для обеспечения нормальной жизнедеятельности.

### **Специализированные и нетрадиционные виды транспорта**

**К специализированным** (от лат. *specialis* – особый и *species* – разновидность) относятся те виды транспорта, которые ориентированы на определенную номенклатуру грузов или особые условия перевозки грузов или пассажиров.

Основными признаками специализированных видов транспорта являются модернизация или принципиальное изменение двигателя, движителя и способа взаимодействия с опорной поверхностью.

Новые принципы движения – с помощью воздушной подушки и электромагнитного подвешивания – в настоящее время используются на различных видах транспорта, в том числе на промышленном.

Основные технико-эксплуатационные особенности и достоинства таких систем: отсутствие трения между подвижным составом и путевым полотном, что позволяет повысить скорость, уменьшить мощность тяги и решить некоторые вопросы экологии. Максимальная скорость при использовании воздушной подушки – 422 км/ч, средняя скорость – 100–200 км/ч, а с турбореактивным двигателем – до 360 км/ч. Провозная способность – от 3 до 20 тыс.чел./ч в каждом направлении. Проекты с применением магнитного подвешивания позволят поезду проделать путь от Москвы до Санкт-Петербурга за 0,5 ч (сейчас скоростной отечественный поезд проходит это расстояние за 4,5 ч).

Самоходные и несамоходные наземные транспортные средства на воздушной подушке при перевозке тяжеловесных грузов из-за частичной разгрузки колес не разрушают слабые дорожные покрытия и искусственные сооружения (прежде всего мосты) и не требуют их укрепления. Подъемно-транспортные средства на воздушной подушке широко применяются в цехах и на строительных площадках, особенно за рубежом, для перемещения тяжеловесного крупногабаритного оборудования.

На морском транспорте эксплуатируются причалы на воздушной подушке, например в порту Архангельска работает причал грузоподъемностью 40 т.

Наибольшее распространение в России получили суда на воздушной подушке на реках небольшой глубины, в том числе скеговые суда – с частичным отрывом от водной поверхности, и суда амфибийного типа, которые могут перемещаться по воде (с полным отрывом корпуса), болотистой местности, надо льдом со скоростью 90–125 км/ч. Скеговые суда не полностью отрываются от водной поверхности из-за погружения бортовых ограждений воздушной подушки в воду. Амфибийные суда благодаря возможности выхода на пологий берег и старта с него могут использоваться для транспортировки грузов на побережье, не оборудованное причалами. Амфибии существуют на автомобильном, водном и воздушном (гидросамолет, аэросани) видах транспорта.

Сконструированное в России надводное транспортное средство на воздушной подушке – экраноплан («летающее крыло»), развивает скорость до 300 км/ч. Экраноплан – это экспериментальный летатель-

ный аппарат, который на малой высоте использует эффект близости к крылу самолета поверхности земли или воды (экран), заключающийся в уплотнении воздуха – образовании воздушной подушки. В результате возникает дополнительная подъемная сила, которая и поддерживает аппарат в воздухе. Это явление назвали экраным эффектом. В ближайшем будущем экранопланы будут выполнять регулярные коммерческие рейсы в труднодоступных районах земного шара.

Относительные недостатки воздушной подушки: производит значительный шум (до 130 дБ), требует ровного дорожного полотна, ее создание достаточно дорогостоящее.

**Специализированный пневмо- и гидротранспорт** необходим при перевозке твердых и жидких не нефтяных грузов. Есть проекты транспортировки руды, железорудных концентратов и других грузов на значительные расстояния в США, Канаде и других странах. В городах этот вид транспорта используется для транспортировки бытовых отходов, а также для транспортировки книг в крупных библиотеках.

Более 100 лет назад В.И. Шуберский выдвинул идею о кинетической энергии маховика, на основе которой в Швейцарии в конце 1960-х гг. были сконструированы аналоги автобуса – жиробусы (гиробусы) – вид аккумуляторного безрельсового транспорта, движущегося за счет кинетической энергии, накопленной в маховике. Зарядка осуществляется на остановках при поднятии специальной штанги. Жиробус используется для перевозки пассажиров на короткие расстояния. Получил некоторое распространение электрожиробус, оборудованный маховым агрегатом, состоящим из асинхронного двигателя-генератора, сочлененного с маховиком, и тяговых электродвигателей.

Интересные проекты существуют в мире по применению трубопроводного транспорта для перевозки пассажиров. Прообразом такой технологии является метрополитен.

Экологические проблемы, связанные с экономией топливных ресурсов, привели к созданию парусных судов, использующих энергию ветра для движения. Так, в Японии в 1980 г. стали строить суда каботажного плавания дедвейтом 1 800 т и скоростью 12 узлов с двумя парусами площадью по 100 м<sup>2</sup>, высотой 12,5 м при ширине 8 м. Такая конструкция позволяет экономить до 38 % топлива. При площади паруса 320 м<sup>2</sup>, дедвейте 26 тыс. т и компьютерном управлении расход топлива был сокращен наполовину. В нашей стране построены учебные парусные суда, например парусник «Мир».

Одновременно с парусом может применяться двигатель для повышения скорости или маневренности при безветрии, для прохода сложных участков, при швартовке.

**Принципы выбора транспорта для перевозки грузов в регионах**

Основным критерием выбора транспорта остается экономический фактор, т.е. стоимость перевозки, которая составит основу транспортных издержек потребителей. В условиях рыночных отношений могут учитываться и другие факторы, влияющие на общую эффективность обслуживания отраслей транспортом. К ним следует отнести, прежде всего, фактор времени, вид груза, расстояние и маршрут перевозки, стоимость страховки, складских работ, грузонапряженность отдельных участков маршрута, частоту отправки, спрос и предложение на транспортном рынке, наличие ограничений на данном виде транспорта или на отдельном участке, национальные обычаи или государственное законодательство.

При расчете затрат на перевозку в конкретных условиях эксплуатации необходимо провести сравнение вариантов возможных схем транспортировки, учитывая стоимость подвоза-вывоза при смешанном сообщении; перегрузочных работ; перевозки на магистральном виде транспорта по расстоянию; возможных потерь груза из-за перегрузки; капитальные затраты, отнесенные к году эксплуатации подвижного состава, на материально-техническую базу данного вида транспорта; стоимость упаковки и страховки и др.

Поскольку эксплуатационные затраты меняются в значительных пределах в зависимости от различных факторов (насыщенности рынка, времени года, времени суток, дорожно-климатических условий и т.д.), то экономические расчеты необходимо проводить с учетом периода перевозки для поиска оптимального варианта.

## 8.2. Лесовозный транспорт

**Лесопромышленный комплекс (ЛПК) России** включает в себя лесозаготовительную промышленность (заготовку и первичную обработку древесины); лесоперевалочные работы; производства деревообработки. Заготовкой и переработкой древесины занимается более 30 тыс. крупных, средних и мелких предприятий, расположенных во всех регионах страны.

Деятельность отраслей ЛПК базируется на использовании возобновляемого природного ресурса – леса. По обеспеченности лесами наша страна занимает первое место в мире, обладая примерно четвертью мировых запасов леса. Лесосырьевые ресурсы России позволяют обеспечить не только внутренние потребности страны в древесине и продуктах ее переработки, но и значительно расширить экспорт лесоматериалов в зарубежные страны.



Для вывоза с лесосек деревьев, хлыстов, сортиментов, порубочных остатков, пневой древесины и технологической щепы в России используется специальный подвижной состав как автомобильный так и для УЖД. Это лесовозные автопоезда: легкого типа – на базе дизельного трехосного полноприводного автомобиля Урал-43204 (Урал-43204 + ГКБ-9851); среднего – на базе дизельного двухосного автомобиля МАЗ-5434 + ГКБ-9362; тяжелого – на базе дизельного трехосного автомобиля КраЗ-6437 (КраЗ-6437 + ГКБ-9362); двухкомплектный автопоезд ТМ-30 (КраЗ-643701 и три прицепа-ропуска ГКБ-9362); автопоезд-сортиментовоз на базе автомобиля МАЗ-64228 (МАЗ-64228 + МАЗ-99864); автопоезда-щеповозы ЛТ-170 (КраЗ-25851 + полуприцеп) и ЛТ-191 (МАЗ-54331 + полуприцеп) и другие специализированные автомобильные транспортные средства. Считается, что применение новых автопоездов обеспечит рост производительности лесовозного автомобильного транспорта на 40–60 %.

**Лесовозный транспорт** служит для перевозки лесных материалов. Вывозка леса по автомобильным лесовозным дорогам производится автомобильными поездами, состоящими из автомобиля-тягача и роспуска.

Основными видами лесовозных автопоездов являются: легкие, грузоподъемностью 10–11 т, на базе автомобилей ЗИЛ-131 с двухосным роспуском ТМЗ-802; средние, грузоподъемностью 17 т, на базе МАЗ-509, МАЗ. Используются **лесовозные прицепы-ропуски**, состоящие из отдельной одноосной (ТМЗ-804, ТМЗ-804А) или двухосной (ТМЗ-802, ТМЗ-803, ГКБ-9383) тележки, а также **двухосные прицепы-ропуски** модели ГКБ-9383. Роспуск имеет безрессорную балансирующую подвеску.

Одноосные прицепы-ропуски используют, как правило, с автомобилями, имеющими относительно небольшую грузоподъемность (типа ЗИЛ), их широко применяют в народном хозяйстве, в том числе и для перевозки леса. Все ропуски имеют полуэллиптические рессоры, колодочные тормоза с пневматическим приводом. Дышло у ропусков, предназначенных для перевозки леса, используют как специализированные полуприцепы, так и полуприцепы общего пользования. Созданы также полуприцепы для перевозки технологической щепы и короткомерных сортиментов. Лесозаготовительный процесс состоит из трех фаз: лесосечных работ, транспорта леса и работ на нижнем лесоскладе.

В лесной промышленности для перевозки лесных грузов, помимо автомобильных, используют и железные дороги, колеи 750 мм (узкоколейные). В отличие от автомобильных железные дороги функцио-

нируют круглый год. В качестве тягового состава на лесовозных железных дорогах применяют локомотивы: тепловозы и мотовозы (раньше еще и паровозы).

На вывозке леса и тяжелых маневровых работах применяют тепловозы с дизельным двигателем внутреннего сгорания большой мощности (до 300 кВт). Мотовозы с карбюраторным бензиновым двигателем мощностью до 80 кВт применяют на легких маневровых работах, перевозке хозяйственных грузов, при обслуживании пути и т.д.

**Погрузчики леса.** Погрузчики леса предназначены для погрузки и штабелевки леса и выполнения других погрузочно-разгрузочных операций на предприятиях лесопромышленного комплекса.

Для погрузки пачек и крупных пакетов лесоматериалов на верхних лесоскладах применяют канатные стреловые и мачтовые установки. Установками для пакетной погрузки грузят за один прием пачку деревьев (хлыстов) объемом, соответствующим грузоподъемности подвижного состава.

Наиболее эффективны челюстные лесопогрузчики. Челюстной лесопогрузчик состоит из базовой машины и навесного технологического оборудования, включающего раму, стрелу, коромысло или же вал с поворотными рычагами, челюстной захват, механизм раскрытия и закрытия челюстей и гидросистему.

Лесопогрузчик челюстной перекидного типа предназначен для погрузки леса на лесовозный транспорт, штабелевки и других погрузочно-разгрузочных работ на лесных складах и перевалочных базах лесозаготовительных предприятий. Работает по принципу переноса груза над кабиной оператора и представляет собой грузоподъемную машину, состоящую из навесного оборудования, смонтированного на тракторе ТСН-4.03.

При погрузке на лесовозный транспорт лес переносится из переднего положения в заднее через кабину трактора.

**Лесной склад.** Предназначается для временного хранения и первичной обработки круглого леса, частичной переработки его и отгрузки продукции потребителям. Лесные склады по технологическому процессу подразделяются на верхние и нижние. Верхние склады устраивают на лесосеке, к ним примыкает первичный лесовозный путь. Верхние лесные склады обычно служат площадкой для погрузки деревьев или хлыстов на лесовозный транспорт. Срок действия их незначителен (1–2 мес). Все технологические операции по переработке древесины переносятся главным образом на нижние склады, которые организуются в конечном пункте лесовозных дорог. Продолжительный срок действия этих складов и большой объем производства создают

условия для комплексной механизации и автоматизации выполняемых там процессов.

К лесосечным операциям относят все основные операции, которые выполняются на лесосеках, верхних лесоскладах и лесопогрузочных пунктах, а также подготовительные и вспомогательные работы. Число и состав работ на лесосеке зависят от общего, принятого на предприятии технологического процесса и включают три-восемь основных операций. К ним относятся валка деревьев, трелевка, очистка деревьев от сучьев, раскряжевка хлыстов, сортировка лесоматериалов, штабелевка и погрузка на подвижной состав лесовозного транспорта.

Лесозаготовительная техника представляет собой семейство трелевочных тракторов, предназначенных для вывозки и штабелирования крупного и среднего леса, а также для использования в качестве тягово-транспортно-энергетических шасси машин разнообразного назначения: валочно-трелевочных, валочно-пакетирующих, трелевочных бесчокерных, сучкорезных, погрузочных, землеройных, геологоразведочных, дорожно-строительных, лесохозяйственных и многих других, эксплуатирующихся преимущественно в условиях бездорожья и пересеченной местности.

**Трелевкой** называют процесс сбора и перемещения деревьев, хлыстов, сортиментов от места валки до лесопогрузочного пункта или лесовозной дороги. Малая концентрация древесины вызывает необходимость сбора деревьев с относительно большой площади на специально подготовленные погрузочные площадки у лесовозных дорог.

Трелевки леса осуществляются **трелевочными тракторами**. По конструкции технологического оборудования различают трелевочные тракторы для чокерной и бесчокерной трелевки.

Специальные трелевочные тракторы имеют специальное технологическое оборудование – чокеры для сбора и формирования пачки деревьев или хлыстов, их размещения и удержания пакета при транспортировке и разгрузке. На таких тракторах двигатель и кабина расположены впереди, а задняя площадка свободна для размещения трелеваемой пачки или ее конца. Тракторы общего назначения не имеют специального оборудования для трелевки леса, а соответствующие приспособления обычно изготавливают на лесных предприятиях. Трелевочные тракторы для бесчокерной трелевки снабжают также пачковыми захватами, которые за один прием берут заранее сформированные пачки.

Трелевочный трактор общего назначения Т-130 не имеет специального оборудования для трелевки леса. Колесные сельскохозяйственные тракторы Т-40, Т-40А, МТЗ-52 и др. оснащают бесчокерным трелевоч-

ным оборудованием «Муравей». В его состав входят гидравлический клещевой захват и толкатель. Масса оборудования «Муравей» 250 кг, грузоподъемность 0,8 т, минимальный диаметр захватываемых хлыстов 10 см, ширина захвата 900 мм.

**Трактор ТСН-4.01. Машина трелевочная чокерная.** Гусеничный трактор предназначен для трелевки (вывозки) среднемерной и крупномерной древесины из лесосек на верхний склад, а также для крупно-пакетной погрузки древесины на подвижной состав. Шасси трактора можно использовать для агрегатирования навесных и прицепных лесозаготовительных, лесохозяйственных и дорожно-строительных машин.

Трактор ТСН-4.01 с навеской ЛТ-656 – челюстной погрузчик перекидного типа, который предназначен для погрузки леса на лесовозный транспорт, штабелевки и прочих погрузочно-разгрузочных работ на лесных складах и перевалочных базах лесозаготовительных предприятий.

Он работает по принципу переноса груза над кабиной оператора и представляет собой грузоподъемную машину, состоящую из навесного оборудования, смонтированного на тракторе ТСН-4.01.

**Гусеничный трелевочный чокерный трактор ТСН-4.02.** Предназначен для трелевки (вывозки) среднемерной и крупномерной древесины из лесосек на верхний склад, а также для крупно-пакетной погрузки древесины на подвижной состав. Шасси трактора можно использовать для агрегатирования навесных и прицепных лесозаготовительных, лесохозяйственных и дорожно-строительных машин.

**Трелевочный чокерный трактор ТСН-4.03.** Предназначен для вывозки крупномерного и среднего леса в полупогруженном состоянии из лесосеки, торцовки и окучивания хлыстов и деревьев с высотой штабеля до одного метра перед их погрузкой на лесовозный транспорт, а также для работы с различными навесными и прицепными лесозаготовительными машинами и орудиями.

**Тракторы ТБ-1 и ЛП-18А.** Формируют пачки манипулятором. Гидроманипулятор представляет собой механизм, который устанавливается на автомобили, тракторы, специализированные железнодорожные платформы и т.п., и предназначен для захвата различного рода грузов при помощи специальных грузозахватных приспособлений (рабочих органов) с дальнейшей погрузкой (выгрузкой) этих грузов. Это своего рода мощная «механическая рука», позволяющая быстро и точно оперировать с грузом.

**Бульдозерная навеска.** Трактор, оснащенный бульдозерной навеской, предназначен для трелевки леса, а также для устройства волоков, погрузочных площадок, подъездных путей, содержания дорог,

обустройства мастерских участков и теплых стоянок, разработки рыхлых грунтов первой и второй категорий.

**Толкатель.** Оснащение трактора толкателем позволяет более удобно и с меньшими затратами времени выполнять работы по выравниванию комлей и окучиванию стрелеванных пачек перед погрузкой на лесовозный транспорт, а также выполнять различные вспомогательные работы: расчистку волоков, подготовку площадок и т.д.

Наиболее сложной и трудоемкой операцией технологического процесса заготовки леса является очистка деревьев от сучьев. Для очистки деревьев от сучьев все большее распространение получают сучкорезные машины, полностью исключаящие ручной труд. Сучкорезная машина представляет собой серийный трелевочный трактор со специальным оборудованием для обрезки сучьев.

Трелевка – основная транспортная операция на лесосечных работах. В ее состав входят обычно два основных элемента: подвижной состав и путь. Технологический процесс трелевки леса канатными установками зависит от способа трелевки и типа установки. При подвесной трелевке установками ЛЛ-25, ЛЛ-26, ЛЛ-27, ЛЛ-29 и ЛЛ-24 лесосеки разбивают на секторные или прямоугольные пасеки. На конусообразных и чашеобразных склонах принимают секторную форму пасек на лесосеке, на прямых склонах – прямоугольную.

**Канатная установка ЛЛ-25.** Предназначена для выполнения подвесной трелевки при небольших запасах древесины на лесосеке протяженностью до 400 м при сложном пересеченном рельефе местности и большой крутизне склонов. Установка состоит из трактора, оснащенного лебедкой с канатоведущим шкивом, передвижной головной мачты, тяговонесущего каната и каретки.

**Канатная установка ЛЛ-26А.** Состоит из несущего и тягово-подъемного канатов, головной и тыловой мачт с концевыми башмаками, промежуточных опор с проходными башмаками, зажимов каната, полиспада, подвижного состава, приводной лебедки и каретки с встроенным стопором. Она нашла применение в основном на трелевке леса в горных районах. Установка может работать на подъем и на спуск.

**Канатные трелевочные установки.** Для трелевки леса в горных условиях и в тех случаях, когда невозможно применять трелевочные тракторы, используют канатные установки. Они состоят из лебедки, тяговых и несущих канатов, мачт, стрел, оттяжек, прицепных приспособлений и специальных кареток. С их помощью деревья, хлысты или сортименты можно перемещать волоком, в полуподвесном или подвесном положении.

На лесосечных работах используют в основном три марки лебедок: ЛЛ-8, ЛЛ-12А и ЛЛ-26А. Четырехбарабанная лебедка ЛЛ-8 предназначена для трелевки и погрузки леса на лесовозный транспорт и может также применяться на разгрузке, штабелевке и сброске на воду.

**Валочные валочно-пакетирующие машины.** Большое применение на лесозаготовках получили специальные лесные машины с технологическим оборудованием для полной механизации процессов валки. Применение таких машин позволяет полностью механизировать этот процесс. Такие машины могут быть специализированными (однооперационными), предназначенными только для валки деревьев, и многооперационными, выполняющими несколько операций технологического процесса лесозаготовок. На лесозаготовках в России широкое распространение получила валочно-пакетирующая машина ЛП-19. Она предназначена для спиливания деревьев и укладки их в пачки, удобные для трелевки, может быть использована в насаждениях с максимальным диаметром дерева на высоте груди 60 см, в равнинной местности с уклонами не более 8° и грунтами, обеспечивающими проходимость трелевочных тракторов. Узлы машины смонтированы на уширенном шасси трелевочного трактора ТТ-4 с использованием поворотной платформы от экскаватора ЭО-4121. Машина состоит из ходовой системы, опорно-поворотного устройства, поворотной платформы, на которой установлены кабина машиниста, силовая установка и гидросистема, закрытые капотами.

**Бензопилы.** Предназначены для обрезки сучьев и вершин и для рубок ухода за лесом: с их помощью можно выполнять подготовительные, вспомогательные, строительные и хозяйственные работы. Широкое применение нашли бензопилы «Крона-202», «Тайга-214», М – 228, «Дружба-4» и МП-5 «Урал-2».

### 8.3. Карьерный транспорт

Карьерный транспорт – комплекс средств транспортирования горной массы при открытом способе разработки месторождений. Основными видами карьерного транспорта являются: *железнодорожный* – наиболее распространенный вид карьерного транспорта (подвижной состав состоит из электровозов, тепловозов, паровозов и саморазгружающихся вагонов – думпкаров); *автомобильный* – широко применяемый на карьерах в основном малой и средней производственной мощности (подвижной состав – автосамосвалы, автотягачи с прицепами и полуприцепами, троллейбусы, дизель-троллейбусы и дизель-электрические самосвалы); *конвейерный* – получил широкое

распространение благодаря непрерывности процесса, высокой производительности установок и способности транспортировать материал при угле подъема до 18° (при специальных конструкциях конвейеров – до 35°), что приводит к сокращению длины транспортных коммуникаций на карьере и уменьшению объема горно-капитальных работ.

В связи с ростом глубины карьеров все большее применение получает *комбинированный* карьерный транспорт, включающий рациональные сочетания основных видов транспорта – автомобильного с железнодорожным, автомобильного с конвейерным, автомобильного со скиповым подъемом.

**Карьерный автотранспорт.** Основным видом технологического транспорта при добыче полезных ископаемых открытым способом является автомобильный. Он используется для перевозки примерно 80 % всей горной массы во всем мире, в т.ч. в США и Канаде – 85 %, в Южной Америке – 85 %, в Австралии – почти 100 %, в Южной Африке – более 90 %. В России и странах СНГ удельный вес карьерного автотранспорта с учетом всех подотраслей горно-добывающей промышленности приблизился к 75 % и в ближайшей перспективе будет расти за счет расширения открытого способа добычи угля.

Считается, что «революционный период» в создании большегрузных самосвалов в целом закончился. При этом основные компоновочные схемы отработаны, принципиальные конструктивно-технологические решения по основным узлам практически одинаковы для моделей, выпускаемых различными фирмами.

Некоторые специалисты считают, что одним из путей дальнейшего развития, повышения производительности и эффективности карьерного автомобильного транспорта является разработка и создание специализированного подвижного состава, удовлетворяющего условиям эксплуатации в глубоких карьерах, в частности, средств сборочного автотранспорта. Другие полагают, что создание таких моделей на современном этапе развития открытых горных работ не вызвано объективной необходимостью и значительно снизит область их применения. Это столкновение мнений – отражение извечного спора об универсализации и специализации средств карьерного транспорта. Представляется, что решение о создании специализированных моделей, тем более об их серийном производстве должно быть взвешенным и всесторонне обоснованным.

Основной тенденцией развития карьерного автотранспорта следует считать нарастание грузоподъемности, сдерживаемое только мощностью двигателя и несущей способностью применяемых шин.

Автомобильный транспорт, как транспорт рабочей зоны карьера, в наибольшей степени подвержен воздействию усложняющихся с глубиной горно-технических условий разработки. Основным ограничением применения автомобильного транспорта на глубоких карьерах по-прежнему остается высокая себестоимость перевозки горной массы. Кроме того, карьерный автомобильный транспорт является основным источником негативного антропогенного воздействия на окружающую среду при открытых горных работах.

С целью расширения области применения автотранспорта в глубоких карьерах, повышения его эффективности не прекращаются поиски новых технологических схем, а также путей его развития и совершенствования. Одним из основных направлений считается электрификация карьерного автотранспорта.

**Железнодорожный карьерный транспорт.** В современных условиях на крупных железорудных, угольных и асбестовых карьерах России и стран СНГ одним из основных видов технологического транспорта продолжает оставаться железнодорожный. Многолетний опыт применения электрифицированного железнодорожного транспорта на глубоких карьерах показывает его высокую эффективность при условии использования в предпочтительных горно-технических условиях эксплуатации. Анализ научно-технических и проектных решений позволяет утверждать, что в перспективе как на действующих, так и на вновь разрабатываемых месторождениях большой производительности электрифицированный железнодорожный транспорт будет оставаться одним из главных. Основные преимущества электрифицированного железнодорожного транспорта следующие:

- высокий средний эксплуатационный коэффициент полезного действия;
- экономичность (сравнительно низкая себестоимость перевозки горной массы) и надежность в эксплуатации;
- возможность значительной перегрузки электровозов;
- простота управления и ремонта.

Существенными преимуществами электрифицированного железнодорожного транспорта являются также экономия невозполняемого жидкого топлива, практически полное отсутствие загазованности карьера выхлопными газами, незначительная зависимость от климатических условий.

Вместе с тем существует мнение, что именно расширенное использование железнодорожного транспорта стало причиной кризиса отечественной горно-рудной промышленности, выразившегося в отставании



вскрышных работ в 80-х гг. прошлого века на крупных глубоких карьерах СССР.

Основным направлением развития и совершенствования карьерного транспорта считается увеличение уклонов путей до 60–80%, что позволяет увеличить глубину ввода железнодорожного транспорта в карьеры до 350–450 м, скорость его понижения в 1,4 раза, снизить суммарные затраты на транспортирование горной массы с глубины 300–350 м на 20–25 %.

Одним из определяющих ограничений расширенного применения железнодорожного транспорта с повышенными уклонами железнодорожных путей является значительная величина нормативного тормозного пути на руководящем уклоне путей.

**Конвейерный транспорт в карьерах.** Третьим основным видом технологического карьерного транспорта является конвейерный. Объемы транспортирования горной массы с использованием конвейерного транспорта на предприятиях Канады, США, Австралии, Чили и других стран в настоящее время составляют до 50 % от общего объема добычи минерального сырья. Эффективность применения конвейерного транспорта доказана многочисленными научными и проектными разработками и, отчасти, опытом эксплуатации на карьерах России, Украины, Узбекистана. В настоящее время его применяют на Оленегорском и Ковдорском ГОКах (Россия), Полтавском, Южном, Ингулецком, Центральном, Новокриворожском и Северном ГОКах (Украина), Навоийском ГМК (Узбекистан). Вместе с тем доля конвейерного транспорта не превышает 10 % в общих объемах перевозки скальной горной массы на карьерах стран СНГ. Проблема заключается в различии технологических подходов. Дело в том, что на зарубежных предприятиях применение конвейерного транспорта изначально было ориентировано на полупередвижные дробильные установки с последующим переходом на передвижные. В противоположность этому конвейерные комплексы на горных предприятиях стран СНГ были построены со стационарными дробильными корпусами, что в некоторых случаях становилось препятствием для дальнейшего развития карьера.

В технологических схемах с открытым размещением конвейеров стационарные и передвижные дробильно-перегрузочные комплексы примыкают непосредственно к стационарным конвейерным подъемникам, что требует дополнительного разноса борта карьера или оставления постоянных целиков под площадки для их размещения. Разнос бортов карьера увеличивает объем вскрыши, в целиках пород теряется часть полезного ископаемого, что снижает конкурентоспособность конвейер-

ного транспорта. В настоящее время разработаны способы вскрытия горизонтов, устраняющие эти недостатки, в частности, за счет совмещения предохранительных и транспортных берм. И все же основной тенденцией для отработки глубоких горизонтов карьеров с применением конвейерного транспорта является переход от стационарных дробильно-перегрузочных пунктов к передвижным дробильно-перегрузочным комплексам, за счет мобильности которых обеспечивается приближение конвейерного транспорта к интенсивно развивающейся рабочей зоне карьера путем оперативного переноса блоков комплексов по мере углубления горных работ.

Другим важным направлением повышения эффективности и конкурентоспособности конвейерного транспорта является использование крутонаклонных конвейеров.

Сформулированная ведущими специалистами основная концептуальная схема формирования транспортных систем глубоких карьеров заключается в одновременном применении нескольких видов транспорта, их комбинаций и переходе от одних схем транспортирования к другим. При этом области эффективного применения различных видов транспорта вполне определенно зонированы для различных горно-технических условий, в частности, по высоте подъема, расстоянию транспортирования горной массы и т.п. Эти зоны, хотя и отличаются по высоте для различных групп карьеров, имеют определенные границы, что позволяет говорить о предпочтительных условиях применения различных видов и схем транспорта в глубоких карьерах. Это, в свою очередь, определяет момент перехода на другой вид транспорта или применение комбинации отдельных видов транспорта.

Применение многотранспортных систем на карьерах становится целесообразным тогда, когда условия среды изменяются настолько, что система уже не способна обеспечить адекватную реакцию, так как последняя находится за пределами адаптивности отдельных видов транспорта.

Единственной реальной альтернативой применению многотранспортных систем на глубоких карьерах в обозримом будущем может быть использование технологического автотранспорта. Существующая концептуальная схема формирования транспортных систем глубоких карьеров, по-видимому, сохранится для действующих карьеров до конца их отработки в силу большой инерционности таких систем. Что касается долгосрочной перспективы, то нельзя исключать возможности ее смены, имея в виду преимущественное использование монотранспортных систем, в первую очередь автотранспорта. В этом случае можно предположительно говорить о маятниковом характере смены

концептуальных схем. Это может привести в дальнейшем к коренным структурным изменениям в стратегии формирования транспортных систем карьеров и идеологии создания новых транспортных средств.

#### 8.4. Трубопроводный транспорт

**Трубопроводный транспорт** развился за последние 50 лет в связи с изменением топливно-энергетического баланса: доля угля, древесины и торфа снизилась с 80 до 22 %, доля нефти и газа, наоборот, увеличилась до 78 %. Особенно высокими темпами идет рост добычи и потребления природного газа. По тепловому эквиваленту себестоимость добычи газа в 13 раз ниже угольной и в 3 раза ниже нефтяной. Производительность труда при добыче газа в 25 раз выше, чем при добыче угля, и в 3 раза выше, чем при добыче нефти.

Трубопроводный транспорт отличается от остальных видов транспорта тем, что он не соответствует полностью понятию «транспорт», так как подвижной состав и специально приспособленные под него пути сообщения в этом виде транспорта совмещены в одно понятие «трубопровод».

Техническое оснащение: трубопроводный транспорт представляет собой трубопровод из сварных, как правило, стальных труб различного диаметра с антикоррозийным покрытием и насосных станций, расположенных на трубопроводе через каждые 100–140 км и работающих в автоматическом режиме. При перекачке газа на трубопроводе также устанавливают через каждые 200 км компрессорные станции для сжатия (сжижения) газа, что повышает производительность перекачки.

К устройствам трубопроводного транспорта относятся также линейные узлы для соединения и разъединения параллельных или пересекающихся магистралей и перекрытия отдельных участков, в том числе при ремонте или авариях. В комплекс технического оснащения входят также средства связи для передачи информации, обеспечивающей функционирование всей системы, и сооружения для изменения физического состояния нефти или газа, например для поддержания определенного уровня температуры, очистки газа и т.д.

Ввиду того, что основные месторождения нефти и газа в России находятся в районах Севера и Сибири, роль трубопроводного транспорта для доставки этих грузов неопределима: по трубопроводам транспортируются около 95 % сырой нефти, весь природный газ и более 2/3 добываемого топлива. Трубопроводный транспорт характеризуется самыми высокими темпами развития. Это относится, прежде всего, к развитию газопроводной сети.

Доля трубопроводного транспорта в общем объеме перевозок постоянно растет табл. 15.

Т а б л и ц а 15

Доля трубопроводного транспорта в общем объеме перевозок

Показатель	1998 г.	2000 г.	2010 г. (прогноз)
Объем перевозок, млн т	777,7	920,0	1050,0
Грузооборот, млрд т-км	1873,2	2123,0	2395,0

Расширение сети трубопроводов вызвано, в том числе, необходимостью снятия перевозки нефти и нефтепродуктов с железнодорожного, речного и автомобильного транспорта. Грузонапряженность нефтепроводов составляет 7,3 млн т-км/км, а железной дороги – примерно 16,0 млн т. км/км. Естественно, необходимо расширение сети газопроводов как единственного экологически безопасного и экономически целесообразного способа транспортировки газа.

Главными трубопроводами России являются: крупнейший нефтепровод мира «Дружба» от Самары до стран Восточной Европы длиной 5116 км для снабжения нефтью Германии, Польши, Венгрии, Чехии и Словакии (3445 км нефтепровода находится на территории нашей страны); трансконтинентальный газопровод Уренгой – Помары – Ужгород длиной 4450 км; нефтепроводы «Транссибирский» по маршруту Туймазы – Иркутск длиной 3700 км; «Союз» от Оренбурга до западной границы нашей страны протяженностью 2750 км; Ямбург – западная граница длиной 4605 км для продажи нефти в Германию, Францию, Австрию, Швейцарию и другие страны; Мангышлак – Поволжье – Украина длиной 2500 км. Строятся новые трубопроводные нитки: Западная Сибирь – Центр, Ямал – Запад и др. Проектируется трубопровод в обход Украины по дну Балтийского моря в западные страны.

Основные технико-эксплуатационные особенности и достоинства трубопроводного транспорта:

- трубопровод может быть проложен на земле, под водой, на болотистых местах и участках вечной мерзлоты на специальных подпорках и т. п.;
- объемы перекачки не ограничены;
- полная сохранность качества и количества грузов благодаря герметизации труб и станций;
- отсутствие отрицательного воздействия на окружающую среду;
- автоматизация операций по сливу, наливу (начально-конечные операции) и перекачке;
- самая низкая себестоимость и самая высокая производительность труда, что связано не в последнюю очередь с небольшим количеством людей, необходимых для выполнения перекачки;

– незначительная зависимость от климатических условий, что делает процесс перекачки непрерывным;

- меньшие, чем в другие виды транспорта, капиталовложения;
- более короткий путь по сравнению с водными видами транспорта;
- эффективность работы на любых расстояниях перевозки и др.

Относительные недостатки трубопроводного транспорта:

- неуниверсальность, так как перевозятся грузы ограниченной номенклатуры, преимущественно жидкие и газообразные;
- возможность утечки жидкости или газа (экологическая проблема).

Технология работы трубопроводного транспорта характеризуется непрерывностью перекачки грузов. Для повышения производительности трубопровода, а иногда и просто для осуществления перекачки (например, особо вязких сортов той же нефти) возникает технологическая необходимость изменения физико-химических свойств грузов, так как температурный режим, или вязкость, либо другие особенности при их добыче могут отрицательно влиять на производительность подвижного состава. Поэтому в отдельных случаях необходимо осуществлять подогрев или понижение температуры, обезвоживание, смешение, дегазацию (разложение отравляющих веществ, выделяемых химическими соединениями, до нетоксичных продуктов) и другие действия. Например, сорт парафинистой нефти подогревается до 50 °С, различные газы требуют разной температуры для сжижения (бутан сжижается при -48 °С, пропан – при -45 °С, а аммиак – при -33 °С).

Проблемы и тенденции развития трубопроводного транспорта:

- повышение пропускной способности трубопроводов за счет увеличения давления и диаметра труб или строительства вторых линий;
- увеличение мощности насосных станций;
- создание прочных, дешевых и тонкостенных труб;
- защита трубы от внутренней и внешней коррозии, что связано с особенностями металла, агрессивностью среды, и в том числе с блуждающими токами, характерными для городов;
- поиск материалов, снижающих или исключаящих коррозию;
- защита груза от турбулентности, уменьшающей скорость движения, а следовательно, и производительность;
- укладка труб в местах залегания нефти и газа, особенно в условиях вечной мерзлоты;
- замена металла для строительства труб;
- изменение способа спайки и сварки швов для повышения безопасности;
- быстрый поиск неисправностей в трубопроводе;

– расширение номенклатуры перевозимых жидких не нефтяных и твердых грузов и др.

– увеличение объема перевозок до 4 млн т в год и средней дальности 5–25 км.

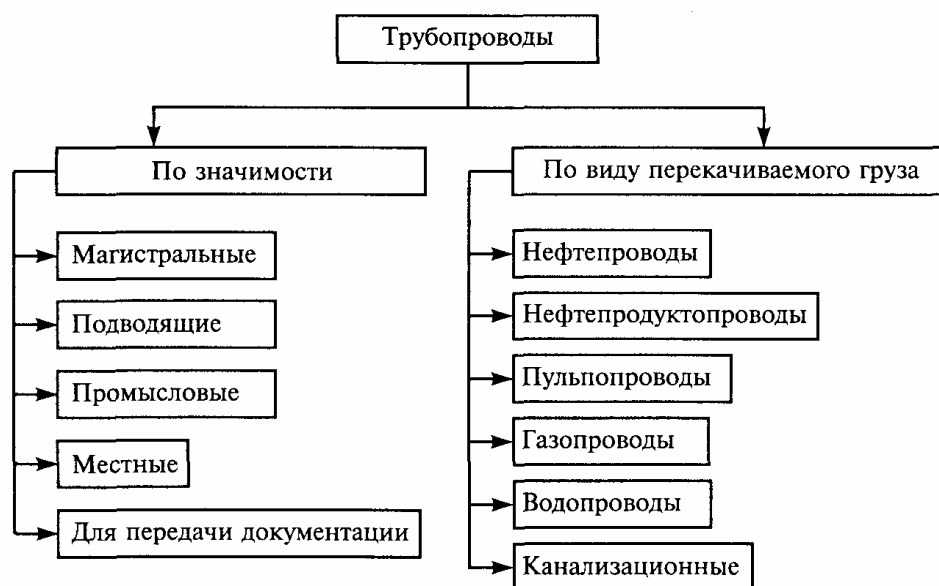


Рис. 33. Классификация трубопроводного транспорта

Классификация трубопроводного транспорта представлена на рис. 33.

### Контрольные вопросы

1. Какие функции выполняет производственный транспорт?
2. Какие виды промышленного транспорта составляют его техническую базу?
3. Охарактеризуйте главные направления технического прогресса в области производственного транспорта.
4. Расскажите о транспорте энергии.
5. Какими параметрами характеризуются конвейерный, канатно-подвесной, пневмо- и гидротранспорт?
6. Что относится к специализированным и нетрадиционным видам транспорта?
7. Раскройте принципы выбора транспорта для перевозки грузов в регионах.
8. Для каких целей используется лесовозный транспорт?
9. Какими видами транспорта осуществляется трелевка леса?
10. Какие виды транспорта используют в лесной промышленности для перевозки лесных грузов?
11. Рассмотрите основные технико-эксплуатационные особенности и достоинства трубопроводного транспорта.
12. Рассмотрите классификацию трубопроводного транспорта.

## 9. ВОЗДУШНЫЙ ТРАНСПОРТ

### 9.1. Развитие воздушного транспорта

**Воздушный транспорт**, будучи универсальным, используется преимущественно для перевозки пассажиров на средние и дальние расстояния и отдельных видов грузов. На долю воздушного транспорта приходится примерно 40 % объема пассажирских перевозок в междугородном сообщении. Такая значимая роль воздушного транспорта связана с большими размерами территории нашей страны и недостаточной обеспеченностью отдельных регионов другими видами транспорта. Рост материального благосостояния, расширение культурных, деловых и научных связей приводят к повышению подвижности населения, что обуславливает потребность в скоростных перемещениях – авиации.

Объем грузов, перевозимых воздушным транспортом, незначительный. Номенклатура грузов ограничена: ценные грузы (например, произведения искусства, антиквариат, драгоценные металлы и камни, пушнина и др.); грузы, требующие срочной доставки, в том числе скоропортящиеся; гуманитарная помощь; медикаменты; почта; продовольственные и промышленные товары для удаленных регионов; грузы для чрезвычайных ситуаций.

Воздушный транспорт в единой транспортной системе занимает особое место, так как он способен осуществлять целый ряд работ, необходимых для отраслей экономики страны, которые не могут выполняться другими видами транспорта.

К специфическим сферам деятельности воздушного транспорта следует отнести монтаж строительных высотных сооружений, магистральных газо- и нефтепроводов, линий электропередач; инспекцию дорожного движения; сельскохозяйственные работы (полив, внесение удобрений, распыление пестицидов для борьбы с сорняками, предуборочное удаление листьев хлопчатника, аэросев трав, риса и др.); пожаротушение, особенно лесных массивов; связь с удаленными и труднодоступными районами; скорая медицинская помощь, в том числе переброска специалистов узкого медицинского профиля в экстренных случаях при их отсутствии или нехватке в данной местности; перевозка почты; обслуживание полярных районов; геологоразведка; аэрофотосъемка; разведка залежей нефти; ледовая разведка и проводка судов в районах Крайнего Севера и Северного морского пути; доставка рабочих к морским нефтяным промыслам при вахтовом методе работы и др. В настоящее время в России функционирует около 400 авиакомпаний и 845 аэропортов, 63 из которых имеют федеральное

значение, 49 – международное. Мелким авиакомпаниям, насчитывающим 5–10 самолетов, трудно конкурировать с большими компаниями. Проблема обновления парка значительно влияет на показатели работы воздушного транспорта. В последнее время наметилась тенденция объединения мелких компаний в 10–12 крупных авиапредприятий (по образцу зарубежных авиакомпаний). Если предприятия воздушного транспорта приватизированы (акционированы), то системы управления воздушным движением приватизации не подлежат не столько из-за их высокой первоначальной стоимости и затрат на эксплуатацию, сколько из-за ответственности государства за безопасность полетов и жизнь людей.

Кроме того, оперативная деятельность аэропортов отделена от собственности и оперативной деятельности авиакомпаний. При этом обеспечен равный доступ всех авиакомпаний к инфраструктуре любого аэропорта и свободный выбор аэропорта для равных условий конкурентной борьбы авиакомпаний.

При акционировании государство владеет частью акций; за рубежом практически все авиакомпании частные. Тем не менее, в крупных зарубежных авиакомпаниях (таких как «Эр Франс», «Люфтганза» и др.) также имеет место участие государства.

Основные технико-эксплуатационные особенности и достоинства воздушного транспорта:

- высокая скорость доставки пассажиров и грузов;
- маневренность и оперативность, особенно при организации новых маршрутов;
- возможность быстрой передислокации подвижного состава при изменении пассажиропотоков, в том числе из-за аварий на других видах транспорта;
- большая беспосадочность перелетов (около 10 000 км);
- кратчайший путь следования;
- экономия общественного времени благодаря ускорению доставки;
- неограниченные провозные возможности (сегодня они ограничены лишь мощностью аэродрома);
- относительно небольшие капитальные вложения (на 1 км воздушного пути примерно в 30 раз меньше, чем на 1 км железнодорожного пути).

Относительные недостатки воздушного транспорта:

- высокая себестоимость перевозок, поэтому авиационный транспорт не является грузовым;
- зависимость от погодных-климатических условий.



Высокая скорость самолетов позволяет преодолевать, например, расстояние от Москвы до Владивостока за 8–9 ч на основных типах самолетов и за 4 ч – на сверхзвуковых (по железной дороге это расстояние преодолевается за 7–8 сут.).

Технология работы воздушного транспорта имеет свои особенности. Движение осуществляется:

- строго по расписанию, что связано со сложностью организации взлета-посадки на аэродромном поле;

- по системе выделения каждой единице подвижного состава своего коридора движения, зависящего, прежде всего, от скорости и грузоподъемности самолета.

Коридор движения – это расчетная высота полета и система координат в продольной и горизонтальной плоскостях полета. Система коридоров позволяет рассредоточить воздушные суда в воздухе для исключения возможности их столкновения. Летательные аппараты оборудуются соответствующими системами измерения и поддержания высоты полета.

Намечается новая тенденция за рубежом – перевозка мелких партий грузов (так называемые парцелльные грузы) воздушным транспортом. Проблемы и тенденции развития воздушного транспорта многогранны.

Главная проблема – повышение скорости движения (на сегодняшний день достигнута скорость 2500 км/ч). Важно создание самолетов повышенной пассажироместимости (так называемых аэробусов) и грузоподъемности, особенно для дальних маршрутов (например, Ил-86 вмещает до 350 человек, а Боинги – до 530 человек; грузовые самолеты максимально поднимают 250 т (Ан-225 «Мрия»). В целях сокращения площади аэропортов требуется создание самолетов короткого и вертикального взлета-посадки для гражданской авиации (они существуют в военной авиации с 1969 г.).

Повышение прочности взлетно-посадочных полос остается также большой проблемой из-за значительных нагрузок и температур. Самолет Ан-22 может работать на грунтовых дорогах, но не всегда. Создание самолетов со средствами автоматизации, обеспечивающими взлет-посадку в любую погоду в различных условиях видимости (так называемых всепогодных), позволит расширить конкурентные возможности воздушного транспорта и повысить качество обслуживания пассажиров. Требуется повышение топливной экономичности в связи с увеличением массы и скорости. Решение этой проблемы позволит не повышать тариф на перевозки. Нужна разработка принципиально новых пилотажных систем и систем управления воздушным транспортом в зоне

аэропорта; требуется создание системы обслуживания самолетов на территории аэропорта; необходимо повышение уровня обслуживания пассажиров, в том числе внедрение автоматизированных систем продажи билетов и перевозки багажа, а главное – повышение безопасности движения, которое создаст более широкие возможности обслуживания пассажиров, позволит конкурировать с другими видами транспорта и будет способствовать уменьшению затрат времени на передвижение.

Основные типы самолетов гражданской авиации летают со скоростью 900–1100 км/ч на дальних расстояниях и до 500–700 км/ч – на средних. Перенос больших скоростей из военной авиации в гражданскую осложняется из-за высокой стоимости и перегрузок, которые испытывает человек при больших скоростях (военные летчики проходят специальную подготовку).

Вертолеты способны делать то, что не под силу обычному самолету: вертикально взлетать и приземляться, висеть неподвижно в воздухе и разворачиваться на месте, перемещаться вперед-назад, влево-вправо. Подъемную силу создает один или несколько винтов на вертикальной оси. Главной агрегат вертолетов – несущий винт.

К техническому оснащению относятся подвижной состав и аэропорты, в том числе аэродромы.

Самолеты взлетают и садятся на аэродром – специально приспособленный земельный участок с комплексом сооружений и оборудования для обеспечения взлета, посадки, стоянки и обслуживания. Аэродромы бывают основные, запасные и базовые. Для обеспечения регулярности и безопасности полетов аэродромы оборудуются комплексом радио- и светотехнических средств. Вертолетам для совершения взлета и посадки требуются небольшие площадки.

Аэродром входит в более широкое понятие «аэропорт». *Аэропорт* – это транспортное предприятие, осуществляющее прием и отправку пассажиров, багажа, грузов и почты, организацию и обслуживание полетов подвижного состава. Аэропорт представляет собой сложный инженерный комплекс сооружений, зданий, технических средств и оборудования, занимающий до нескольких тысяч гектаров территории.

Аэропорты подразделяются на международные (например, Шереметьево-2), республиканские (Домодедово и др.) и местного значения (Тушино). В зависимости от годового объема перевозки пассажиров аэропорты подразделяются на пять классов.

Классификация подвижного состава воздушного транспорта представлена на рис. 34.

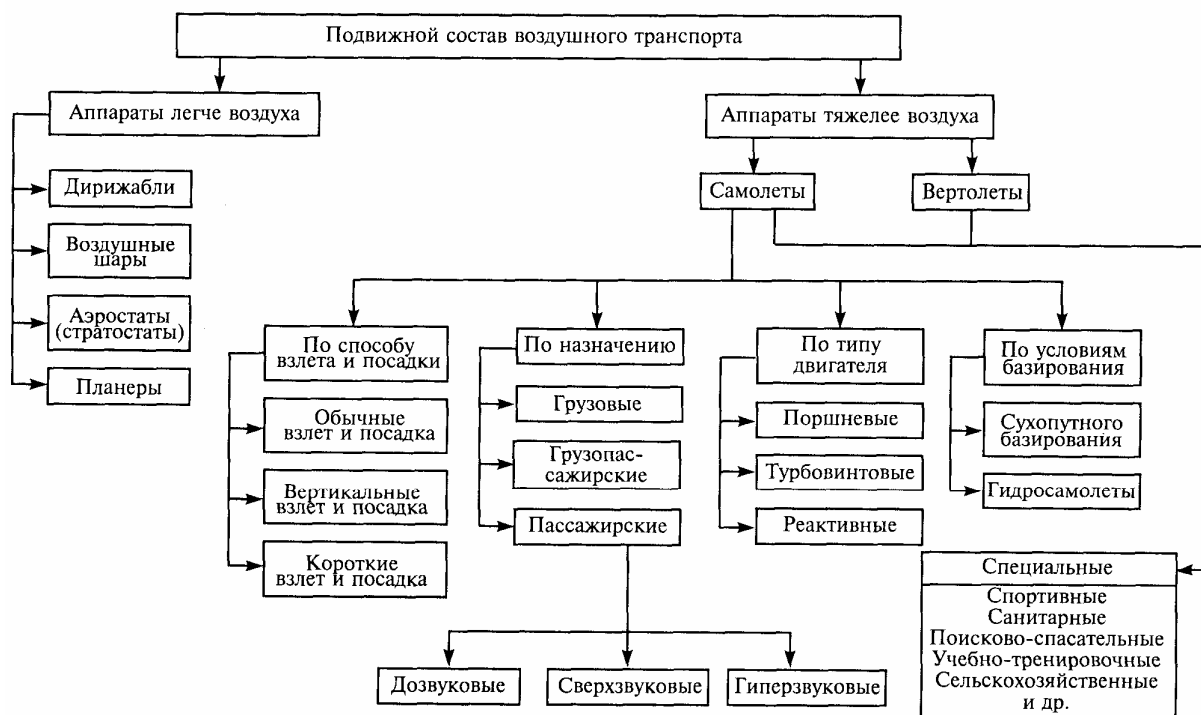


Рис. 34. Классификация подвижного состава воздушного транспорта

Дирижабли относятся к группе воздухоплавательных аппаратов, т.е. аппаратов легче воздуха. Преимущества дирижаблей для грузовых перевозок бесспорны, особенно при доставке крупногабаритных тяжеловесных грузов и при патрулировании, монтаже, поиске и других действиях, требующих продолжительного нахождения в воздухе на одном месте. Например, в нашей стране дирижабли применялись для отслеживания путей миграции оленей в Якутии. Правительство Конго закупило российский пятиместный пилотируемый дирижабль для опыления пестицидами зараженных малярией территорий.

Русский ученый К.Э. Циолковский сказал: «Сделайте аэростат даже из серебра, он будет давать 100 % прибыли».

Преимущества дирижаблей перед самолетами заключаются в том, что они практически бесшумны, не загрязняют атмосферу, экономически выгоднее. Надежность и безопасность полетов не ниже, чем у океанского лайнера. Такие преимущества на сегодняшнем этапе развития техники являются очень значимыми.

Многие конструкторские бюро активизировали свои работы по дирижаблестроению на новых принципах как по конструкции, конструкционным материалам, так и по пилотажно-навигационному оборудованию. В нашей стране создано Русское воздухоплавательное общество, под эгидой которого работает несколько научно-производственных фирм. Предложено много гибридных конструкций, в том числе дирижабль с воздушным винтом или реактивной тягой (что

особенно важно при взлете-посадке). В дирижаблестроении применяются новые ткани и композиционные материалы: углепластик, органопластик, стеклопластик и др. Некоторые композиционные материалы на порядок превосходят по прочности металл, не подвержены коррозии, более технологичны при создании сложных по конфигурации узлов и деталей.

Проектирование и строительство дирижаблей жесткой конструкции большой грузоподъемности пока затруднено из-за отсутствия теоретических разработок для решения отдельных вопросов.

За рубежом легкие дирижабли работают на пассажирских туристических маршрутах с 1986 г., а также используются при береговом патрулировании, для снабжения нефтепромыслов, фото- и геодезической съемки. Дирижабли создаются для пассажирских перевозок с максимальной комфортностью при стоимости перелета, практически равной проезду в железнодорожном вагоне. Содержание дирижабля обходится авиакомпаниям в 2 раза дешевле, чем содержание самолета на 200 человек.

Для тяжеловесных крупногабаритных грузов есть проекты (в частности, в США) гибридного дирижабля с вертикальной тягой несущих винтов – гелиостата грузоподъемностью 250 т. Германия намеревается осуществить проект дирижабля грузоподъемностью 160 т, Россия – 200 т при максимальной скорости 170 км/ч и дальности полетов около 15 тыс. км.

Эксплуатируемые за рубежом дирижабли грузоподъемностью 16 и 24 т развивают скорость 100–125 км/ч. Дирижабль, разработанный в Японии и имеющий пассажироместимость 100 человек и скорость 148 км/ч, дает прибыль 16 млн долл. в год.

С помощью дирижаблей можно решить важный, особенно для нашей страны, экологический вопрос сохранения лесных массивов, так как от протаскивания волоком автомобильными тягачами или тракторами заготовленных бревен или оборудования для буровых остается «мертвая зона» земли шириной 50–70 м, на которой растительный покров может восстановиться только через 10–15 лет.

Применение дирижаблей для труднодоступных мест Сибири и Дальнего Востока позволит отказаться от наземной техники, простаивающей 7–9 мес. в году из-за сложных условий эксплуатации в зимний период.

По некоторым расчетам перевозка нефти дирижаблями в отдельных случаях может быть выгоднее, чем транспортировка по трубопроводам (особенно в арктических районах, а также районах с небольшим объемом добычи, где прокладка трубопровода затруднена).

В настоящее время рассматриваются проекты дирижаблей катамаранного типа с реактивными и атомными двигателями. На Ульяновском авиационном заводе сделан образец дирижабля, наполняемого водородом и гелием; для увеличения подъемной силы часть объема подогревается выхлопными газами двигателей. В дальнейшем планируют увеличить размеры дирижабля и довести его расчетную грузоподъемность до 600 т. На Уфимском авиационном заводе разработан дирижабль с электрическим двигателем, который сможет обслуживать промышленные предприятия по типу канатной дороги через линии электропередач.

Воздухоплавательные аппараты широко применяются в научных целях и в спорте. Большое распространение получили планеры, воздушные шары и др. как вид экстремального спорта. Так, в Венгрии и других европейских странах созданы спортивные общества по полетам на воздушных шарах. В России созданы фирмы по изготовлению воздушных шаров «Русбал», «Аэроэкология», «Авгур» и др., выпускающие также продукцию рекламного плана, например, это знаменитый медвежонок на открытии Олимпиады в Москве, аэростаты с рекламой и др.

## 9.2. Аэродромы и аэродромные покрытия

**Аэродром** (от Аэро... и греч. *dromos* – бег, место для бега) комплекс сооружений, оборудования и земельный участок с воздушным пространством, предназначенный для взлёта, посадки, размещения и обслуживания самолётов. Аэродромы подразделяются на две основные группы – гражданские и военные. По эксплуатационному назначению различают аэродромы аэропортов, обеспечивающие размещение и регулярные полёты транспортной авиации по воздушным трассам; аэродромы специального назначения – заводские, учебные, клубно-спортивные, сельскохозяйственной, лесной, санитарной авиации, комбинированные и др. По характеру использования аэродромы бывают постоянные (оборудованные для регулярной эксплуатации) и временные. Военные аэродромы подразделяются: по степени оборудованности и характеру использования на основные, запасные и ложные; по назначению – на войсковые, учебные, трассовые и специальные. В зависимости от типа эксплуатируемых самолётов, размеров территории, несущей способности аэродромных покрытий аэродромы делятся на классы. В аэродромах различают две основные части: собственно территорию аэродрома (лётную зону) и примыкающее к ней воздушное пространство – аэроторию

Лётная зона – главная часть аэродрома. В её состав входят лётное поле, боковые и концевые полосы безопасности и воздушные подходы. Лётное поле представляет собой участок аэродрома, на котором расположены одна или несколько лётных полос, рулёжные дорожки, места стоянки самолётов. Лётная полоса – специально подготовленный и оборудованный участок земли, обеспечивающий взлёт и посадку самолётов в двух взаимно противоположных направлениях. Большинство аэродромов в России сооружают с одной лётной полосой, обеспечивающей достаточно высокую интенсивность движения. Некоторые крупные российские и зарубежные аэродромы имеют несколько лётных полос, расположенных параллельно или под углом друг к другу. Длина лётных полос, в зависимости от класса аэродрома, бывает от 1000 до 5000 м, ширина – от 200 до 360 м. Лётные полосы наибольшей длины, как правило, располагаются в направлении преобладающих ветров и эксплуатируются более интенсивно; они называются главными, остальные – вспомогательными. На лётной полосе выделяется рабочая площадь, в пределах которой устраивается взлётно-посадочная полоса с искусственным покрытием, радио – и светосигнальным оборудованием, обеспечивающими круглосуточную и круглогодичную работу авиации. К лётным полосам примыкают концевые полосы безопасности – спланированные участки земли, используемые для предотвращения опасности аварии в случаях выкатывания самолёта за пределы лётной полосы при преждевременной посадке или прерванном взлёте. Вдоль лётных полос предусматриваются боковые полосы безопасности для движения самолётов по грунту в случае возможных отклонений за пределы рабочей площади при пробеге. Рулёжные дорожки – пути для руления и буксировки самолётов, соединяющие между собой отдельные элементы аэродрома и служебную зону. Рулёжные дорожки подразделяются на основные (магистральные и соединительные) и вспомогательные.

Важнейший элемент аэродрома – воздушные подходы – воздушное пространство, примыкающее к концам лётной полосы в направлении взлётов и посадок самолётов. Для обеспечения самолётам точности захода на посадку по приборам используют системы радиомаяков (курсовых, глиссадных, маркерных и др.).

Конечный этап посадки самолётов осуществляется с помощью системы огней высокой интенсивности. Так называемые огни приближения устанавливаются на продолжении оси взлётно-посадочных полос на расстоянии около 1000 м от её торца. Поперёк линии огней приближения располагают 5 или 6 световых горизонтов (на расстоянии 150 м друг от друга). Вдоль взлётно-посадочных полос размещают осе-

вые огни. Для посадки самолётов в особо сложных метеорологических условиях на крайних участках взлётно-посадочных полос устанавливаются огни зоны приземления (так называемый световой ковёр).

Управление воздушным движением осуществляется при помощи средств радиолокационного контроля, воздушной и наземной связи.

**Аэродромное покрытие** – искусственно создаваемое покрытие на взлётно-посадочных полосах, рулёжных дорожках, местах стоянок самолётов, перронах и предангарных площадках аэродромов для обеспечения бесперебойной круглогодичной эксплуатации.

Аэродромные покрытия по характеру сопротивления действию нагрузок от воздушных судов подразделяются на:

- жесткие (бетонные, армобетонные, железобетонные, а также асфальтобетонные покрытия на цементобетонном основании);

- нежесткие (из асфальтобетона; прочных каменных материалов подобранного состава, обработанных органическими вяжущими; из щебеночных и гравийных материалов, грунтов и местных материалов, обработанных неорганическими или органическими вяжущими; сборных металлических, пластмассовых или резиновых элементов).

Армобетонным считается покрытие из цементного бетона, армированного металлической сеткой, предназначенной для восприятия температурных напряжений.

Железобетонным считается армированное цементобетонное покрытие, в котором необходимую площадь сечения арматуры определяют расчетом на прочность и ширину раскрытия трещин.

Покрытия подразделяются по степени капитальности на:

- капитальные (с жестким и асфальтобетонным покрытиями);
- облегченные (с нежестким покрытием, кроме покрытия из асфальтобетона).

Аэродромные покрытия должны отвечать следующим требованиям:

- безопасности и регулярности выполнения взлетно-посадочных операций воздушных судов;

- прочности, надежности и долговечности конструкции в целом и составных ее элементов (обеспечиваются расчетом прочности и выполнением требований к строительным материалам);

- ровности и шероховатости поверхности;

- охраны окружающей среды.

Типы аэродромных покрытий и их конструкции назначаются в зависимости от классов аэродромов и категории расчетных нагрузок. Поверхность аэродромных покрытий должна обеспечивать безопасность движения самолётов с требуемыми скоростями, а также естественный сток поверхностных вод. Максимально допустимые про-

дольные и поперечные уклоны и радиусы вертикальных сопрягающих кривых для различных участков аэродромных покрытий предусматриваются специальными техническими требованиями.

Аэродромные покрытия жёсткого типа могут быть монолитные из предварительно напряжённого железобетона, ненапряжённого железобетона или цементобетона; сборные из предварительно напряжённых железобетонных плит заводского изготовления. Основной тип монолитного предварительно напряжённого аэродромного покрытия – струнобетонное покрытие, армированное в продольном направлении высокопрочной проволокой. Поперечное армирование выполняется стержневой арматурой с натяжением на затвердевший бетон. Монолитные железобетонные аэродромные покрытия делают из плит длиной 20–25 м, шириной, равной ширине бетоноукладочной машины. Сборные аэродромные покрытия из предварительно напряжённых железобетонных плит применяются главным образом при необходимости строительства и ввода в эксплуатацию покрытий в короткие сроки, при производстве работ в зимних условиях, на рулёжных дорожках, местах стоянок и на других площадях, где затруднено эффективное использование бетоноукладочных машин. Размеры плит в сборных аэродромных покрытиях принимаются максимальными, исходя из технологических возможностей их заводского изготовления, с учётом грузоподъёмности транспортных средств и кранов, используемых при монтаже покрытий, но не менее (в м) 2×4 для прямоугольных плит и 3×3 – для квадратных. Устойчивость плит в покрытии обеспечивается применением специальных стыковых соединений на сварке.

Аэродромные покрытия нежёсткого типа бывают асфальтобетонные; чёрные щебёночные и гравийные (устраиваемые способом пропитки или смещения на месте); грунтовые, укрепленные вяжущими материалами.

Аэродромные покрытия строятся по тому же принципу, что и автодороги, и находятся зачастую в подобном состоянии, хотя на них возлагается гораздо большая ответственность. Объяснять сложившуюся ситуацию нерадивостью строителей, допускающих нарушения технологии строительства, или отсутствием средств на полноценные проекты было бы однобоко.

На сегодняшний день практически все аэродромные покрытия на постсоветском пространстве рассматриваются и проектируются как водонепроницаемые, т.е. такие, которые не пропускают воду в основание, а отводят ее по водонепроницаемой поверхности в водоотводную систему. Таким образом, считается, что искусственное и грунтовое основание покрытия постоянно находятся в сухом состоянии, а их



механические свойства остаются неизменными. Исходя из такого предположения, рассматривается работа всего сооружения при разработке проекта. Однако, как показывает практика, уже через два-три года новое покрытие из водонепроницаемого превращается в водопроницаемое, а это приводит, как показывают многочисленные исследования, к лавинообразному разрушению покрытия.

Водопроницаемость покрытий неизбежно происходит со временем, вследствие процессов выветривания, старения герметиков, процессов влагопереноса, происходящих в недостаточно дренированных искусственных основаниях. Этому могут также способствовать низкое качество строительства, резкие отклонения режима эксплуатации относительно условий, которые учитывались при создании проекта.

Водопроницаемость покрытия приводит к изменению условий работы всей конструкции покрытия, т.к. трещина шириной в 1 мм и длиной в 1 м способна полностью поглощать всю воду во время дождя с интенсивностью 3 мм/мин (это ливень с вероятностью повторения 1 раз в 10 лет для климатической зоны Москвы), на покрытии с уклоном 0,015 при площади водосбора 10 м<sup>2</sup> или с интенсивностью 0,1 мм/мин на площади в 300 м<sup>2</sup>. Однако основание покрытия неспособно отводить (пропускать сквозь себя) воду от дождя ни с такой, ни с гораздо меньшей, даже минимальной, интенсивностью, таким образом аэродромное покрытие становится водонасыщенным и условие работы его под нагрузкой ухудшается. При этом материал конструкции переувлажненного покрытия разрушается под действием внутренних процессов влагопереноса, ухудшаются механические свойства подстилающих грунтов, что приводит к недопустимым деформациям основания. Приблизительно 70 % разрушений приходится на этот период. Таким образом, создание эффективного дренажа может значительно продлить срок службы аэродромных покрытий.

Продление срока службы покрытия, как правило, достигается двумя путями: первый – это повышение качества гидроизоляции покрытия с целью не допустить попадания влаги под покрытие, а второй – увеличение прочности покрытия, которая не позволила бы ему разрушиться даже при переувлажненном основании. Практика показывает, что первый способ хоть и эффективен, но фактически несостоятелен в силу того обстоятельства, что при достаточно небольшом повреждении целостности герметизации вода увлажнит основание на продолжительный период, а второй, весьма дорогостоящий, не всегда может компенсировать значительные деформации основания. Слабо водопроницаемые искусственные основания, например из грунтоцемента, при их увлажнении существенно повреждаются внутренними процессами

влагопереноса, возникающими при движении транспортных средств, которые разрушают структурные связи материала.

Исходя из вышесказанного, при проектировании покрытий задачу водоотвода можно решить путем использования ряда водопроницаемых конструкций аэродромных покрытий. Главной особенностью работы таких конструкций является то, что вода, попадающая на покрытие, отводится за его пределы не по его поверхности, а проникает в покрытие и внутри его дренирующего слоя транспортируется за пределы конструкции. Такие конструкции имеют ряд важных преимуществ, например, благодаря уменьшению пути, который проходит вода по поверхности покрытия, заметно уменьшается ее слой, что позволяет говорить о предотвращении возникновения эффекта аквапланирования пневматиков движущегося транспорта. Такие конструкции имеют и ряд экономических преимуществ.

При применении конструкции цементобетонного покрытия с водопроницаемыми швами можно отказаться от сооружения коллектора взлетно-посадочной полосы (ВПП), части обзорных колодцев, всех дождеприемных колодцев и перепусков от них, лоточного ряда плит ВПП, а также закрочных дрен.

Покрытия с применением пористого асфальтобетона, который пропускает всю попадающую на его поверхность воду, уже много лет успешно применяются на дорогах Европы и Северной Америки.

Требования к материалам водопроницаемых асфальтобетонных смесей определяются двумя основными качествами – долговечностью и повышенной эксплуатационной безопасностью. Долговечность достигается применением в этих смесях вяжущих, изготавливаемых из битумов с добавлением полимеров. Это позволяет изменить свойства битумов в направлении целенаправленного улучшения их строительных свойств, которые выражаются в повышении сопротивления деформациям смеси при достаточно высоких нагрузках со стороны транспортных средств.

Высокая эксплуатационная безопасность достигается как за счет уменьшения слоя воды на поверхности покрытия и повышения сцепления пневматиков колес с поверхностью, так и за счет повышенной шероховатости водопроницаемого покрытия, в сравнении с обычными покрытиями.

Важным преимуществом асфальтобетонных покрытий является то, что они могут применяться как при строительстве новых аэродромных покрытий, так и при реконструкции любых действующих капитальных покрытий (жестких и нежестких).

В аэродромных цементобетонных покрытиях могут использоваться любые конструкции деформативных швов. Основными водоприемными элементами являются продольные технологические, сквозные швы с гладкими стенками, для предотвращения преждевременного заиливания которых, их нижнюю часть можно заполнять упругим фильтрующим материалом с высокой водопроницаемостью. Таким материалом, например, может быть базальтовая вата, различные полимерные высокопористые материалы типа полистиролов, полиуританов и прочие полимеры, которые в любое время, при потере ими работоспособности могут быть заменены новыми. Для продления срока службы фильтрующих материалов в водопроницаемых швах они могут промываться струей воды под напором. Водопроницаемые асфальтобетонные покрытия, обладая многочисленными преимуществами (высокие механические и гидравлические характеристики, безопасность движения по их поверхности транспортных средств), не лишены и недостатков, к которым следует отнести снижение дренажной способности из-за уплотнения и засорения пор, изменение механических свойств, связанное со старением вяжущего.

Исходя из изложенного, следует отметить, что цементобетонные покрытия с водопроницаемыми швами, с одной стороны, лишены недостатков, присущих водопроницаемым асфальтобетонным покрытиям, с другой – не уступают им благодаря лучшей шероховатости поверхности.

При проектировании водопроницаемых конструкций необходимо предусматривать совместную работу дренажа покрытия с водоотводной системой, которую в процессе эксплуатации можно было бы легко проверять и поддерживать в работоспособном состоянии.

В нормальной работе данных конструкций важную роль играет правильно запроектированный дренирующий слой, позволяющий быстро отвести воду из конструкции покрытия. В США инженерным корпусом ВВС, принято время, равное двум часам, в течение которого дренирующий слой покрытия должен быть полностью осушенным.

На сегодняшний день разработаны методики гидравлического расчета для предлагаемых водопроницаемых конструкций, которые базируются на методе предельных интенсивностей. При этом пропускная способность элементов дренажной системы рассчитывается так, чтобы она немного превышала интенсивность поступления воды к расчетному элементу и обеспечивала осушение всей конструкции за два часа после прекращения поступления воды. Эти методики позволяют запроектировать оптимальную толщину дренирующего слоя, коэффициент фильтрации его материала, уклоны поверхности и

основания, размеры элементов конструкции. Особенностью этих расчетов является то, что в них учтен нестационарный режим фильтрации воды в дренирующих слоях после прекращения поступления поверхностной воды, связанный с уменьшением во времени напоров по мере осушения конструкции. Верность полученных решений проверена экспериментально на опытной установке, которая в натурную величину имитировала работу дренирующего слоя автодороги.

Проведенные специалистами расчеты и эксперимент показали, что применение в искусственном основании дренажных материалов с коэффициентом фильтрации ( $K_f$ ) 30000 м/сут – щебень, 20000 м/сут – дресва, позволяет эффективно отводить воду при ливневых дождях любой расчетной интенсивности. Применение песка с  $K_f = 7$  м/сут в качестве дренирующего слоя недопустимо из-за длительного времени работы аэродромных покрытий в переувлажненном состоянии.

Необходимо также отметить и тот факт, что пористые асфальтобетонные покрытия и дренирующие слои открытого типа не боятся морозного пучения, так как их материалы обладают большой пористостью, при которой общая структура материала представляет собой переплетение большого числа незамкнутых сообщающихся каналов, каркасом которых является прочный гранитный материал. При отрицательных температурах такие покрытия будут работать так же, как и традиционные, но замерзшая в них вода не будет их разрушать. Подтверждением этому служат существующие водопроницаемые асфальтобетонные покрытия, построенные в ряде зарубежных стран.

Экономическую эффективность применения таких покрытий обуславливает ряд факторов. Во-первых, обеспечение эффективного дренажа позволяет содержать покрытие и основание в сухом состоянии, что значительно продлевает межремонтный срок службы всего покрытия. Во-вторых, увеличение стоимости покрытия на этапе строительства, связанное с применением более дорогого дренажного материала щебня по сравнению с песком, компенсируется скоростью дренирования, которую обеспечивает щебень. Заметим, что общие затраты на создание дренажа, складываются в основном из затрат на земляные работы, транспортировку и укладку материала, а стоимость самого материала засыпки составит лишь 10–15 % от общей стоимости дренажа. Сравнение коэффициентов фильтрации песка и щебня с их стоимостными показателями более чем убедительно говорит о целесообразности применения материалов с высоким коэффициентом фильтрации.

Необходимо отметить важность роли эффективного дренажа в создании благоприятных условий для работы дорожных и аэродромных

покрытий, а представленные конструкции покрытий наиболее полно отвечают стремлению создать хорошо дренируемые сооружения, неподверженные разрушению от воздействия гидродинамических процессов. Такие покрытия непременно займут свое достойное место при строительстве современных аэродромов и автомагистралей, особенно, находящихся в сложных климатических и геологических условиях.

### Контрольные вопросы

1. Что относится к специфическим сферам деятельности воздушного транспорта?
2. Рассмотрите основные технико-эксплуатационные особенности, достоинства и относительные недостатки воздушного транспорта.
3. Раскройте многогранность проблем и тенденций развития воздушного транспорта.
4. Приведите классификацию подвижного состава воздушного транспорта.
5. Что представляет собой аэродром?
6. Что такое лётная зона и воздушные подходы?
7. Как подразделяются аэродромные покрытия по характеру сопротивления действию нагрузок от воздушных судов?
8. Каким требованиям должны отвечать аэродромные покрытия?
9. Исходя из каких требований осуществляется продление срока службы аэродромного покрытия?
10. Исходя из каких соображений можно решить задачу водоотвода конструкций аэродромных покрытий?
11. Обоснуйте экономическую эффективность применения аэродромных покрытий с дренирующим слоем.

## 10. ТРАНСПОРТ И ОХРАНА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

### 10.1. Охрана окружающей среды и транспортное строительство

По расчетам ученых, численность населения планеты будет увеличиваться в 2 раза каждые 50 лет, особенно заметным будет рост численности населения в городах.

Деятельность человека приводит к исчезновению отдельных видов растений и животных. Появилась «Красная книга», в которую заносятся исчезающие виды животного и растительного мира с целью их сохранения. Природные ресурсы не являются неисчерпаемыми, и от понимания этого зависит будущее людей. Экологические проблемы отрицательно сказываются на здоровье и жизни людей.

Исследования академика Вернадского показали, что жизнь на Земле сосредоточена в тонком слое биосферы, в котором все компоненты связаны в единую планетарную систему. В свое время Ф.Энгельс сказал пророческие слова: «Не будем слишком обольщаться нашими победами над природой. За каждую такую победу она нам мстит».

Появился термин «вещизм» (от англ. waste – расточение, тратить зря), возводится в престиж экофобность (чрезмерное потребление). Сейчас человечеству просто необходимо принять «этику отказа», или экофильность – культуру поведения в окружающей среде, ограничивающую потребности.

Во все времена у всех народов и религий были праздники по сезонам года с воздержанием от приема некоторых видов пищи – так называемые посты, которые, кроме прочего, очищающе действовали на организм человека.

Человечеству на разных стадиях развития приходилось искать выход из разных экологических ситуаций. Например, уничтожение более 25 тыс. лет назад в результате охоты многих видов млекопитающих заставило людей заняться земледелием и скотоводством.

Негативные последствия (расход ресурсов, вплоть до полного их исчезновения) развития транспорта рассматриваются в трех аспектах (табл. 16).

## Негативные последствия развития транспорта

Расходуемые ресурсы	Экологический фактор	Социальный фактор
Энергетические. Материальные. Земельные. Водные. Воздушной среды	Сооружение предприятий: загрязнение территории, воды, атмосферы, нарушение природных связей, уменьшение жизненного пространства, сокращение биологической продуктивности. Транспортные потоки: шум и вибрация, выхлоп и расход топлива, дорожно-транспортные происшествия	Гибель, увечье и отравление людей и живых организмов. Усиление стрессовых нагрузок участников движения. Профессиональные заболевания водителей. Рост налогов и затрат на транспорт (изменения в семейном бюджете). Гиподинамия

Интересы сохранения среды обитания ставят злободневный вопрос о свертывании ряда производств и отказе от определенных видов продукции. Давно назрела проблема замены бензина другими видами топлива, однако в добычу и переработку нефти вложены такие огромные средства, что предприниматели не хотят от нее отказываться. По данным ООН, транспорт и промышленность примерно одинаково загрязняют окружающую среду.

Доля транспорта в проблеме экологии ( %):

Потребление природных ресурсов.....	20–32
Загрязнение атмосферы.....	50
Загрязнение воды.....	5
Занятость территории .....	30
Шум .....	60–80
Погибшие в катастрофах.....	45

Эти данные можно рассматривать как приблизительные, поскольку полная информация об авариях, происходивших в промышленности, не была обнародована. Ученые нашей страны попытались ранжировать риски опасности, которую представляют собой отдельные природные катаклизмы и «рукотворные» катастрофы, связанные с деятельностью людей (табл. 17).

Т а б л и ц а 17

Ранжирование рисков опасности, которую представляют собой отдельные природные катаклизмы и «рукотворные» катастрофы, связанные с деятельностью людей

Ранжир риска	Опасные факторы	Уровень смертности, % от числа всех погибших
1	Курение	41,4
2	Алкоголь	27,6
3	Наземный транспорт (без ж/д)	13,8
4	Оружие огнестрельное	4,6
5	Стихийные бедствия	4,4
6	Поражение электротоком	3,8
7	Езда на мотоцикле	0,8
8	Хирургическое вмешательство	0,7
9	Рентгеновское излучение	0,6
10	Железные дороги	0,5
11	Частная авиация	0,35
12	Разрушение конструкций	0,3
13	Езда на велосипеде	0,27
14	Охота	0,22

Неразумное поведение человека значительно чаще приводит его к гибели, чем стихийные природные бедствия, негативные последствия которых трудно предсказать и предотвратить.

**Загрязнение земли.** Площадь суши составляет примерно 30 % поверхности земного шара, но плодородной земли – не более 3 % (около 99 % продуктов питания человек получает благодаря использованию почвы). Общие земельные угодья России составляют 1709,8 млн га, из них сельскохозяйственной земли – 221,2 млн га, лесных массивов – 867,2 млн га, а болот и воды – 211,1 млн га.

Каждый житель земли выбрасывает ежегодно 1 т мусора. Массовый характер носит процесс замусоривания промышленными и бытовыми отходами пространств вдоль железных дорог, автомобильных трасс, водных путей и транспортных сооружений. Подсчитано, что в Японии каждые 6 лет удваивается количество твердых отходов.

**Занятость территории.** Актуальной экологической проблемой является занятость территории подвижным составом и транспортными сооружениями, после ликвидации которых плодородие почвы восстанавливается в течение 30 лет. Транспортные системы занимают до 1 % территории, в городах – до 30 %, а в центральных их частях – до 70 %.



На одного пассажира, едущего в трамвае, приходится 2,6 м<sup>2</sup> городской площади, в троллейбусе – 2,4 м<sup>2</sup>, в автобусе – 3,1 м<sup>2</sup>, в легковом автомобиле – 38,5 м<sup>2</sup>, в метро – практически около нуля (на поверхности земли находятся только вестибюли станций, опоры наземного метрополитена).

Крупные железнодорожные станции занимают площадь до 500 м в ширину и 4–6 км в длину. При прокладке 1 км наземной шести-полосной автомагистрали требуется 4,5–7 га территории, а при такой же подземной магистрали – 0,1 га. Комплекс грузового терминала с площадкой-стоянкой, медицинским пунктом, мойкой, комнатой отдыха и туалетом занимает по нормам 2,0–4,0 га, оборудованный комплекс автовокзала – 1,8 га, площадка-стоянка на пять пассажиров – 0,07 га, а база механизации на 300 машин – 4,0 га.

Одним из наиболее эффективных выходов из создавшегося положения является рациональное и комплексное использование подземного или надземного пространства для размещения различных транспортных сооружений. За рубежом (в Англии, Индонезии, Японии и др.) стали практиковать строительство дорог на насыпных полосах морской территории и на плавучих искусственных островах. Но такое строительство, так же как вынос дорог в тоннели и на эстакады, увеличивает стоимость дорог до четырех и более раз.

При строительстве транспортных сооружений происходит нарушение гидросистемы почвы (природной циркуляции воды). Так как вода обладает большой разрушительной силой, требуются отводы, которые являются очень дорогостоящими. Наука ищет различные методы решения этой проблемы, в частности создан пористый асфальт, легко пропускающий воду, что позволит обойтись без водоотвода.

При эксплуатации транспорта образуются отходы: бензин, масла, выбросы твердых и жидких компонентов, отработанные шины, транспортные средства и пр., вследствие чего происходит биологическое загрязнение среды, особенно в городах с плохой очисткой сточных вод.

Для борьбы с обледенением дорог разбрасывают на 1 км дороги до 3–4 т соли, что приводит к засолению и изменению структуры почвы. В этой связи интересен опыт Финляндии, где городские дороги посыпают мелкой каменной крошкой, в конце зимы ее собирают, сушат и хранят до следующего года (ресурсосберегающая технология).

**Загрязнение воды.** Все проблемы, связанные с загрязнением воды, могут решаться только при международном сотрудничестве. Роль воды в жизни человека невозможно переоценить. Тело взрослого человека состоит на 80 % из воды. На территории многих южных стран применяют 100 %-е орошение почвы. Озера около городов на 80 %

безжизненны из-за загрязнения сточными водами, содержащими промышленные отходы. Так, вокруг озера Байкал, содержащего 1/5 часть пресной воды мира, складывается беспрецедентная ситуация в связи с его загрязнением отходами целлюлозного завода. Две трети озер США отравлены токсичными отходами.

Каждый житель земли потребляет большое количество воды. Так, в Лондоне и Копенгагене суточный расход воды составляет 250 л; в Париже – 450 л; в Москве – 650 л. Город с миллионным населением расходует ежедневно 200 тыс. м<sup>3</sup> воды, а в год – до 70 млн м<sup>3</sup>.

Опасен сброс теплой воды от электростанций, в том числе атомных, не исключаяющий и радиоактивного загрязнения.

Мировая проблема – сброс твердых и жидких (особенно нефтесодержащих) отходов в моря и реки. При перевозке танкерами на 1 млн т нефти приходится 160 т потерь (до 40 % – в порту выгрузки, остальное – при погрузке и в пути). До 80 % загрязнений дают балластные и промывочные воды (с 1970-х гг. запрещен их сброс в воду, однако имеются нарушения во многих странах). По данным мировой статистики, в год в воду попадает до 6 млн т нефти (1 т нефти загрязняет поверхность воды площадью до 10–12 км<sup>2</sup>). Нефтяные масла распространяются на расстояние более 300 км от источника, тонкая пленка задерживает до 40 % солнечного света и снижает интенсивность жизненно необходимых процессов в океане.

Учеными подсчитано, что при проезде на водных видах транспорта на одного пассажира приходится ежедневно до 3,5 кг бытовых и пищевых отходов (для береговых условий – 0,04–0,27 кг). Стоимость очистки воды, осуществляющейся на судне, в 12 раз выше, чем на берегу.

Существует Международная Конвенция о гражданской ответственности за ущерб, нанесенный загрязнением нефтью. Строго определены вещества, сброс которых возможен лишь в специальные приемные сооружения.

За загрязнение вод берутся штрафы. Например, за сброс в воду нефтепродуктов или нефтесодержащей воды в США накладывается штраф 10 тыс. долл., в Сингапуре – 20 тыс. долл. или лишение свободы сроком до двух лет, в Великобритании – 50 тыс. фунтов стерлингов.

Ученые всего мира вносят свой вклад в решение проблемы очистки воды, прежде всего, от нефти и ее производных. Многие танкеры строятся с двойным дном и корпусом на случай пробоа. В танкере остается до 1 % груза, очистка от которого по международным законам может осуществляться лишь на очистных сооружениях. Из затонувших танкеров обязательна откачка нефти. Для перевозки нефти испытывался прочный мешок-резервуар (контейнер) на 126 тыс. галлонов,

вдоль резинового с нейлоновой тканью корпуса резервуара были протянуты две эластичные трубы с азотом для улучшения плавучести. Применяются суда – сборщики судовых и бытовых отходов.

При очистке воды применяются два основных способа: механический сбор и химическая обработка отходов.

**Механический сбор** – это боновые заграждения, решетки, отстойники и другие установки, собирающие и фильтрующие воду. В Швеции работает мусоросборник-катамаран, между корпусами которого вмонтирован ленточный конвейер со стальной перфорированной лентой; в районе Стокгольма применяют барьер из перфорированных труб, в которые нагнетают воздух для сбора нефтяной пленки (суда типа «Светломор»).

**Химическая обработка воды** – это рассеивание (диспергирование) химических веществ, вступающих во взаимодействие с нефтью и ее производными. Поскольку этот способ может быть токсичным, он запрещен в местах нереста рыб. Применение песка, мела, солей карбонидной кислоты и др., способствующих поглощению или отверждению нефти, в отдельных случаях ухудшает придонную экологию.

При нефтяных пожарах используются ленточные заграждения с поплавками из нержавеющей стали, выдерживающей длительное воздействие огня.

**Загрязнение атмосферы.** В 1992 г. была обнаружена озоновая «дыра» над Антарктидой на высоте 14–20 км. Озоновая «дыра» над Арктикой и значительной частью Восточной Сибири в 1996 г. достигала в течение двух месяцев 3000 км в поперечнике. Причиной уничтожения озона могут быть добавки к топливу, газ из автомобильных кондиционеров, аэрозолей и используемый при пожаротушении, материалы, из которых изготовлены автомобильные кресла и др.

91,3 % загрязнений воздуха происходит в результате работы автомобильного транспорта, 3,7 % – железнодорожного, 2,1 % – морского, 0,9 % – речного и 1,4 % – воздушного транспорта. По данным США, автотранспорт дает 60,6 % загрязнений воздуха, промышленность – 16,2 %, отопление – 5,6 %, сжигание мусора – 3,5 %, электростанции – 14,1 %. Отечественный автомобиль в среднем расходует до 10 л на 100 км пути, зарубежный – примерно 4,5 л на 100 км, автобусы большой вместимости расходуют до 40–50 л на 100 км.

Концентрация CO в воздухе Лос-Анджелеса составляет 88 мг/м<sup>3</sup>, Парижа – 200 мг/м<sup>3</sup>, Лондона – 300 мг/м<sup>3</sup>, Рима – 565 мг/м<sup>3</sup>. Нужно заметить, что на улицах Лондона много двухэтажных автобусов большой вместимости, в Риме – мотоциклов и мотороллеров. Отмечено, что упорядочение движения, например в тоннелях, где обгон запрещен и

часто снижена скорость, приводит к снижению концентрации СО. Так, в тоннеле на пл. Маяковского в Москве содержание СО в четыре раза меньше, чем на прилегающих улицах, так как там имеются устройства вентиляции.

Выброс токсичных веществ различными видами автомобильного транспорта представлен в табл. 18.

Т а б л и ц а 18

Выброс токсичных веществ различными видами  
автомобильного транспорта

Транспортное средство*	Элемент выброса, г/км		
	СО	С <sub>x</sub> Н	NO
Мотороллер (150–200 см <sup>3</sup> )	7–17	2,5–4,0	До 0,05
Мотоцикл (350 см <sup>3</sup> )	10–35	4,0–10,0	До 0,05
Мотоцикл (650 см <sup>3</sup> )	30–60	1,5–5,0	До 2,0

\* В скобках указаны рабочие объемы двигателей.

На 900 км пробега автомобиль расходует воздуха столько же, сколько человек за год. В Париже ежегодно погибает от автомобильного выхлопа до 200 тыс. деревьев. Такая же картина наблюдается во многих крупных городах.

По данным США, от болезней, связанных с автомобильными выхлопами, ежегодно умирает до 50 тыс. человек в год. В Швейцарии установлено, что люди, живущие вблизи шоссе с интенсивным движением, заболевают раком в девять раз чаще, чем живущие в 400 м и более от шоссе. Появилось выражение: «Автомобиль душит больше, чем давит».

Ухудшение качества воздуха имеет ряд негативных последствий: подрыв здоровья и смерть людей, животных, растений, снижение урожайности, разрушение памятников культуры и строительных объектов и т.д. Необходимо отметить, что многие вредные вещества обладают способностью рассеиваться в воздухе. Так, оксид азота переносится на расстояние 10 км за один час, диоксид углерода – на 100 км за 48 ч, пары серной кислоты – 1 тыс. км за 96 ч. Влияние свинца, железа, меди, цинка на растения проявляется в замедлении их роста, желтизне и отмирании листьев.

На ликвидацию последствий от загрязнения воздуха Великобритания тратит 100 млн фунтов стерлингов; Франция – 240 млрд франков; США – 1,5 млрд долл.; Япония – 700 млрд йен. В Японии регулировщики движения надевают кислородные маски; на улицах многих городов стоят автоматы с кислородом. В США считают, что

чистый воздух позволил бы сократить расходы на медицину более чем на 2 млрд. долл.

Повышение интенсивности транспортного потока с 450 до 1000 автомобилей в час значительно увеличивает количество выбросов вредных веществ и требует реорганизации движения, например вывода транзитного транспорта за пределы города, ограничения грузового движения, особенно в центральных частях города, и т.п. Сокращение времени простоя автомобилей у светофоров на 1/3 может уменьшить загрязнение воздуха отработавшими газами.

Применение дорогих каталитических нейтрализаторов на 70 % уменьшает объем вредных выбросов. Усовершенствованные системы дожигания, добавки к топливу, электронная система зажигания и замена бензина на газ, спирты, углеводородное топливо не на нефтяной основе, а особенно, на электроэнергию и водород, также рассматриваются как пути уменьшения вреда от выхлопных газов. Синтетические виды топлива без нефтяных компонентов делают выхлоп чище на 40 %.

В России ужесточены меры по контролю выхлопа (ГОСТ 21393–75 с уточнениями в последующие годы и ГОСТ 17.2.2.03–87). Европа с 1993 г. ввела новые нормы допустимого объема выбросов для автотранспорта, представленные в табл. 19.

Т а б л и ц а 19

Нормы допустимого объема выбросов для автотранспорта

Уровень безопасности	Год введения	Частицы	Элемент выброса		
			NO*		CO
EURO-1	1993	0,36*	8,0 (0,97)	1,1	4,5(2,72)
EURO-2	1996	0,15	7,0 (0,50)	1,1	4,0 (2,20)
EURO-3	2000	0,1	5,0 (0,14)	0,66 (0,17)	2,1 (1,50)
EURO-4	2005	0,02	3,5(0,07)	0,46 (0,08)	1,5(0,70)

\* Значения указаны в г/(кВт·ч) для дизельных грузовых автомобилей и автобусов, в скобках – в г/км для бензиновых легковых автомобилей.

Автомобили, нормы выбросов которых превосходят новые установленные значения, не допускаются к эксплуатации на дорогах Европы.

**Шум.** Шум, вибрация, электромагнитное и радиоактивное излучение относятся к физическому загрязнению. Шум – это любой нежелательный звук, оказывающий неблагоприятное воздействие на организм человека. Шум приводит к нервным расстройствам, желудочным заболеваниям, потере слуха и другим болезням, т.е. становится социальным явлением (табл. 20).

## Распространение уличного шума

Заболевания	Заболеваемость населения в зависимости от уровня шума, %		
	При среднем значении	В пределах допустимого	Выше допустимого
Система кровообращения	16,4	63,5	88,3
Нервная система	59,9	49,8	70,7
Органы кровообращения	89,8	85,4	93,2

Известный ученый Эдисон писал: «Человек в городах, испытывающий постоянное воздействие шума, стоит перед неизбежностью родиться глухим». Шум называют невидимым ядом. По зарубежным данным, транспорт дает 45 % городского шума, авиация – до 2 %; промышленность – 30 %. Шум от транспорта растет быстрее, чем его скорость.

При постоянном шуме в 100 дБ происходит необратимая потеря слуха (поэтому, например, обучение стрельбе должно вестись в специальных шумозащитных шлемах); при шуме 200 дБ может наступить смерть.

На скоростных дорогах уровень шума составляет 87 дБ, на магистральных и общегородских с непрерывным движением – 85 дБ, на магистральных дорогах с грузовым движением – 84 дБ, в интенсивном потоке (до 100 тыс. ед./сут.) – 90–95 дБ. При этом уровни шума в 7,5 м от полосы движения пропорциональны тридцати логарифмам скорости и зависят от марки автомобиля и включенной передачи. Уровень шума зависит от интенсивности движения и состава транспортного потока.

По данным Министерства здравоохранения РФ, уровень шума для сна и отдыха не должен превышать 30 дБ ночью и 35 дБ днем.

Метрополитен практически не дает шума для города, скоростной трамвай создает уровень шума 80–90 дБ, железная дорога – 100–110 дБ, транспорт на магнитном подвесе – до 60 дБ. Мощными излучателями шума являются мосты и эстакады, но тоннель уменьшает уровень шума до 55–65 дБ.

Изучение шумового воздействия на окружающую среду начато относительно недавно. Так, в Стокгольме в 1955 г. зафиксировано, что из каждых 100 человек 9 – с потерей слуха, а в 1960 г. их было уже 20, что потребовало разработки ряда мероприятий по уменьшению шума в городе.

При перепланировке городов и планировании новостроек стараются отделить транспорт от жилых массивов. Уменьшение уровня шума достигается озеленением; применением глушителей; строительством шумозащитных экранов, прокладкой шумоизолирующих материалов под путевыми сооружениями, шумоизоляцией помещений, оптимиза-

цией состава потока и циклов светофорного регулирования и другими мерами. На морском транспорте уровень шума, создаваемый силовыми энергетическими установками (до 110 дБ), снижают, располагая механизмы в отгороженных помещениях или специальных кожухах, а также применяя шумоизоляторы.

Особое шумовое давление испытывают люди, живущие около аэропортов. Поэтому, например, в школе, расположенной близ аэропорта Хитроу в Лондоне, сделаны специальные устройства, автоматически закрывающие окна при нарастании шума от приближающегося самолета. При повышении скоростей на железной дороге, как уже говорилось, делают тройное остекление окон, резко снижающее уровень шума внутри вагона.

**Вибрация.** Вибрация связана с плавностью хода транспортного средства и оценивается ощущениями человека, особенно при экстремальных виброускорениях во время движения. Безопасным для здоровья человека считается виброускорение  $0,1 \text{ м/с}^2$ .

**Электромагнитные излучения.** Они возникают от различных приборов и оборудования, установленных в салоне транспортного средства, и влияют на самочувствие и здоровье людей. В настоящее время электромагнитные излучения не нормируются. Регламентации должны подвергаться электростатический потенциал кузова и напряженность электромагнитного поля в салоне транспортного средства.

**Потребление ресурсов.** Для производства транспортных средств требуется огромное количество материалов, что ведет к потреблению природных ресурсов. Расточительное потребление приведет к истреблению запасов нефти через 30 лет, газа, угля и урана – соответственно через 80, 240 и 55 лет. За последние 30 лет зафиксировано снижение среднего уровня содержания железа в сырой руде с 51 до 35 %. Поэтому необходимо внедрение энергосберегающих и безотходных технологий, а также технологий по переработке вторичного сырья. Кроме того, очень важно ввести систему мониторинга – контроля за изменениями состояния окружающей среды под влиянием деятельности человека – и экологической регламентации последней (стандартов, экспертиз, санкций и т.п.).

Расходы на охрану окружающей среды в нашей стране во много раз меньше, чем в США. Проблема твердых отходов у нас практически не решается, свидетельством чему являются свалки бытовых отходов, представляющие прямую угрозу жизни города, а также промышленных отходов (особенно при добыче и переработке полезных ископаемых, включая радиоактивные вещества).

Основные аспекты защиты окружающей среды от негативных воздействий автомобилизации представлены в табл. 21.

Т а б л и ц а 2 1

Основные аспекты защиты окружающей среды от негативных воздействий автомобилизации

Градостроительство	Организация перевозок и движения	Совершенствование системы «автомобиль – водитель – дорога» (АВД)
Размещение производства	Рациональная структура парка транспортных средств	Оптимизация параметров дороги и строительство специальных сооружений
Транспортная планировка городов	Оптимизация маршрутов	Совершенствование конструкций и технического состояния автомобиля
Планировка жилых массивов и зданий	Оптимизация и регулирование движения в транспортных потоках	Обучение рациональным приемам вождения
Ведение системы мониторинга на транспортных и промышленных объектах	Совершенствование нормативно-правовой базы	Создание экологически чистых материалов и технологий строительства дорог

## 10.2. Особенности строительства дорожных путей сообщения в разных природных районах

### 10.2.1. Выбор трассы на местности

Общее направление трассы дороги принимают по результатам экономических и инженерно-технических изысканий на основании разработанной схемы сети автомобильных дорог. Однако на многих участках возможны конкурирующие варианты трассы, из которых нужно выбрать один наилучший для данного участка местности. При выборе лучшего варианта детально рассматривают эксплуатационно-технические показатели, строительную стоимость дорог с учетом приведенных затрат, уровнями удобства и безопасности движения по каждому варианту.

Трасса автомобильной дороги обычно начинается от населенного пункта или места примыкания к существующей дороге. Согласно заданию на проектирование трасса должна пройти через ряд промежуточных опорных пунктов. Прохождение трассы через промежуточные опорные пункты является обязательным. К ним относятся населенные пункты, пересечения с существующими автомобильными и железными дорогами, крупными судоходными реками.



Прямые, соединяющие начальный, промежуточный и конечный пункты трассы, называют воздушными линиями. Они определяют кратчайшее направление трассы автомобильной дороги. Многочисленные высотные и контурные препятствия заставляют проектировщика выполнять отклонения трассы от прямой линии, что оправдано с экономической точки зрения.

К контурным препятствиям на местности относят населенные пункты, имеющие границы перспективного развития, озера и болота, заповедники, особо ценные угодья. К высотным препятствиям относят холмы, горные хребты, котловины.

Равнинный ход встречается на равнинах и плоских водоразделах с небольшими превышениями, имеет кратчайшее направление дороги в плане и пересекает небольшое количество водотоков.

Когда трасса проходит вдоль гребня водораздела, имеет место водораздельный ход. При этом водоотвод обеспечен, требуется небольшое количество искусственных сооружений. Узкие водоразделы усложняют трассирование.

При трассировании в холмистой местности встречаются участки, где уклоны местности превышают допустимые уклоны для данной категории. В этом случае применяют косогорный ход, когда трасса проходит по склону между долиной и водоразделом. При этом возникают трудности с организацией строительных работ на косогоре, встречаются осыпи, оползни, могут быть и селевые потоки в горной местности. Трасса извилистая в плане, но может иметь и плавный уклон, меньше допустимого.

Долинный ход прокладывают в случае, когда трасса проходит по незатопляемой части речной долины. При этом значительно возрастает извилистость дороги из-за общего направления реки. Трасса имеет небольшие продольные уклоны и значительное количество искусственных сооружений на встречающихся притоках в речную долину.

При пересечении крупных судоходных рек место перехода выбирают с учетом стоимости строительства и эксплуатации моста на участках удобного спуска, прямолинейных русел, устойчивых прочных грунтов, неподтопления сельскохозяйственных угодий.

#### **10.2.2. Трассирование дороги в увязке с окружающим ландшафтом, обеспечение пространственной плавности трассы**

Все инженерные сооружения на автомобильной дороге должны иметь современный красивый архитектурный вид, который вписывался бы в окружающий ландшафт местности. Путепроводы, мосты, эстакады и другие крупные сооружения должны гармонично сочетать-

ся с окружающим рельефом местности, иметь высокие эстетические качества. Требования безопасности движения решают не только техническими мероприятиями в плане и профиле, но и мероприятиями по обеспечению зрительной плавности и ясности трассы – ландшафтным проектированием.

Ландшафтное проектирование выполняют на определенном участке рельефа местности в зависимости от местных условий. При этом должна быть показана красота окружающей природы, что влияет на настроение водителя и пассажиров.

**Ландшафтом местности** называют сочетание исторически сложившихся элементов рельефа местности, растительности, водных и заболоченных поверхностей, лесных массивов, сельскохозяйственных угодий, застроек. Ландшафт местности может изменять человек, создавая водохранилища, населенные пункты, промышленные предприятия и т.д.

На многих участках местности встречаются однородные типичные элементы рельефа и ситуации, лесные массивы, группы небольших холмов. Поэтому трассу необходимо прокладывать по граничной зоне (по опушкам лесов и рощ, у подножия холмов, по речным долинам). Дорога должна проходить по основным линиям ландшафта, не считаясь с мелкими складками местности.

По принципам трассирования автомобильных дорог можно выделить следующие характерные ландшафты: равнинные – степной и лесисто-болотистый ландшафты, заболоченные низменности; холмистые – пересеченная лесостепь, сильно холмистый ландшафт, речные долины; горные – предгорья, долины горных рек, высокогорные перевальные участки.

Основные принципы ландшафтного проектирования заключаются в следующем: трасса автомобильной дороги должна прокладываться с учетом рельефа местности и форм ландшафта; необходимо обеспечивать плавность и ясность направления дороги на больших расстояниях, чтобы водитель не встречался с неожиданными дорожными условиями и не уменьшал скорость движения; необходимо устранять зрительные искажения вида дороги и в перспективе за счет увеличения элементов в плане и профиле и обеспечивать гармоничное включение дороги в ландшафт местности для лучшего раскрытия красоты природы.

Данные принципы согласования трассы с ландшафтом местности не должны отражаться на транспортно-эксплуатационных качествах дороги. При ландшафтном проектировании возникают криволинейные участки дороги, огибающие формы рельефа, которые незначительно удлиняют трассу дороги.

Проектирование дороги с учетом ландшафта местности начинают по топографической карте, выявляя основные ориентиры, контрольные точки, элементы ситуации, намечая положение ценных земель, устанавливая участки, неблагоприятные по гидрогеологическим условиям. Получают ломаную линию трассы, вписанную от руки. На основании этого определяют объекты, привлекающие внимание: холмы, реки, озера, поселки. Проводят анализ всех видов, открывающихся с будущей трассы, стрелками намечают направление взгляда с дороги на красивые виды. Для оценки видов приглашают ландшафтного архитектора, который дает рекомендации по улучшению придорожной обстановки. После анализа ландшафта намечают окончательное положение трассы на карте.

Для того чтобы трасса дороги представляла собой плавную пространственную линию, необходимо четкое сочетание элементов плана и продольного профиля дороги. Пространственная плавность должна увязываться с ландшафтной трассой и представлять единое целое. При этом должны быть устранены зрительные обманы расположенных впереди участков дороги в результате искажения в перспективе при малом угле зрения водителя. Технические параметры элементов дорог не всегда удовлетворяют плавности трассы. Необходимо учитывать зрительное и психологическое восприятия водителями дорожных условий и найти критерий плавного сочетания отдельных элементов трассы между собой. Недопустимо проектировать трассу в плане, продольном и поперечном профилях независимо друг от друга без учета их взаимного влияния на безопасность движения.

Применение предельных норм на элементы плана и продольного профиля не всегда рационально. Желательно применять такие параметры, которые удовлетворяли бы перспективным параметрам при реконструкции автомобильных дорог.

Водитель должен быть ориентирован в дорожной обстановке и в направлении дороги на расстоянии, превышающем нормальное расстояние видимости. Средствами зрительного ориентирования являются сама дорога со всеми элементами, высокие деревья, видимые издали, монументальные строения, отдельные элементы рельефа местности. На основании этих ориентиров водитель создает системы ближайших опорных точек и дальнейшее направление дороги.

### 10.2.3. Проложение трассы и проектирование дорог

#### в равнинной и пересеченной местностях

Равнинный рельеф местности характеризуется небольшими колебаниями высотных отметок земли и однообразной ситуацией местности. На отдельных участках встречаются повышенные места – плато, или пониженные участки, занятые болотами и озерами. Имеются небольшие лесные массивы и кустарники вдоль речных долин, встречаются овраги, балки.

Спокойный рельеф равнинной местности позволяет прокладывать трассу по прямым между намеченными контрольными точками, положение которых определяют ситуацией. Однако водитель на длинных прямых участках дороги теряет контроль над скоростью, понижается его внимательность от однообразия ландшафта местности и монотонного движения с одной и той же скоростью. Поэтому длину прямых участков ограничивают до 5 км. Ограничение длины прямых участков не должно выполняться формально без анализа местных условий. Каждый поворот должен быть оправдан и обоснован по условиям рельефа и ситуации.

Встречающиеся препятствия в виде роц, населенных пунктов, заболоченных и засоленных участков, озер, заповедников, ценных угодий заставляют выполнять отклонения трассы от прямой линии. Водитель должен видеть внутри закругления контурные и высотные препятствия, которые являются объектами сосредоточения внимания, а также зрительными ориентирами.

Изменения направления должны быть подчеркнута убедительны для едущих по дороге. В однообразной открытой местности их следует выделять групповым ландшафтным озеленением.

Ориентирами, хорошо видными издалека, могут быть одиночные холмы, высокие здания, терриконы каменноугольных шахт, высокие телевизионные мачты и мачты линий электропередачи.

Насыпи земляного полотна в равнинной местности проектируют в зависимости от снегозаносимости и средней многолетней высоты снегового покрова. Грунтовые воды в степных и лесостепных районах находятся на большой глубине и значительного влияния на увлажнение не оказывают.

Лесостепной ландшафт характеризуется более разнообразной ситуацией местности. Здесь имеются широкие долины водотоков, заросшие кустарником и деревьями, действующими оврагами, лесными массивами. Трассу в широких долинах прокладывают вдоль склонов с меньшими уклонами с соблюдением видимости в плане и продольном профиле, возможны неглубокие выемки. Пересечение долины длинны-

ми прямыми не рационально, в результате получают глубокие выемки и высокие насыпи. Большое значение в лесостепной зоне приобретает сохранение существующих лесов и отдельных групп деревьев.

Целесообразно прокладывать дорогу вдоль опушек лесных массивов. При неизбежности пересечения леса длинные прямые просеки внутри леса периодически прерывают малыми углами поворота. Перед входом дороги в лес помещают группу деревьев вдоль дороги, чтобы смягчить переход от открытого пространства к лесной просеке и уменьшить ветровую нагрузку на автомобиль.

Холмистый рельеф представляет собой пересеченную местность, изобилующую крупными возвышенностями, мелкими оврагами, суходолами, речными долинами и лесными массивами.

Трассу автомобильной дороги прокладывают в виде пространственной плавной линии, огибающей крупные формы рельефа (холмы, лес, болота).

Главная трудность при трассировании заключается в выявлении основных форм рельефа, с которыми увязывают трассу с учетом оптического восприятия дороги водителем.

При пересечении речных долин и обходе холмов трассу располагают на склонах, применяя косогорный ход. Уклоны поверхности земли на отдельных участках могут превышать предельно допустимые для данной категории дороги.

#### 10.2.4. Проложение трассы и проектирование дорог в горной местности

Существует четыре типа горного рельефа: предгорья, горные долины, горные склоны, водораздельные седловины или плато. Принципы проектирования для каждого из них значительно отличаются друг от друга.

Предгорье представляет собой наклонную равнину, постепенно переходящую в холмистую местность вблизи гор. Поэтому могут быть применены методы трассирования для равнинной и пересеченной местностей.

В горных долинах вдоль рек находится большинство населенных пунктов, которые должны быть связаны между собой дорогами. Через водоразделы и горные цепи система долинных дорог объединяется с предгорными дорогами. При проектировании в горных долинах учитывается горнодолинный ландшафт.

Русло реки может менять свое положение, образуя отдельные рукава. Поэтому трассу автомобильной дороги прокладывают по граничной

форме долины, сохраняя ценные плодородные земли. Продольные уклоны на этих участках дороги незначительные.

На многих участках трасса пересекает впадающие небольшие речки, где требуется строительство искусственных сооружений, чаще всего мостов.

При наличии вертикальных скальных выступов возникает необходимость прорезать уступ выемки короткими тоннелями или перенести дорогу на другой берег реки с устройством мостового перехода.

В верхней части горные долины сужаются, склоны становятся круче, горный рельеф диктует положение трассы в плане и продольном профиле. Возникает несколько вариантов прокладки трассы с технико-экономическим сопоставлением вариантов. Тщательное изучение геологического строения склонов дает окончательное решение по трассированию дороги.

Для уменьшения объема земляных работ и сокращения количества искусственных сооружений трассу необходимо прокладывать по пологой части склона с учетом его различных деформаций (осыпей, сплывов, боковых смещений грунта).

При пересечении водотоков, впадающих в речную долину, необходимо строить большое количество искусственных сооружений и предусматривать мероприятия по защите их от размыва. Реку пересекают под углом с устройством мостов.

В местах впадения в реку притоков образуются конусы выноса из слабых грунтов. Нерационально прокладывать трассу по конусу выноса как в низовой, так и в верховой его части из-за роста конуса и постепенного уменьшения отверстия моста заносами. Лучше всего трассу прокладывать выше конуса выноса с возможным заходом в боковую долину.

Важным элементом трассы является серпантина, предназначенная для перехода по кривой с одного участка на другой. Для серпантинны выбирают пологие участки устойчивых склонов с таким расчетом, чтобы на местности разместилось земляное полотно с подпорными стенками в случае необходимости.

Ландшафт горной местности достаточно сложный, поэтому проектировщик подчиняется основным высотным формам рельефа, особенностям речных долин. Проектирование дороги сводится в основном к огибанию горных выступов, проложению трассы по склону.

### 10.2.5. Проложение трассы и проектирование дорог в заболоченных районах

Болота образуются от избыточного увлажнения участков поверхности земли. В природных условиях процесс образования болот зависит от количества выпадающих осадков, испаряемости для данного района. На многих пониженных участках поверхностные воды застаиваются, с окружающей поверхности смываются гумусовые и легкие минеральные частицы, болотная растительность постепенно разлагается. По мере зарастания и утолщения слоя торфа поверхность болота повышается.

По происхождению болота делятся на два вида: торфяные болота, сплошь заполненные болотными группами устойчивой консистенции от поверхности до минерального дна; сплавинные болота, заполненные жидкими торфами с плавающей торфяной коркой.

В зависимости от расположения болота на местности и питания водой различаются низинные и верховые болота. Вода в низинные болота поступает за счет грунтовой воды и сброса воды по небольшим ручьям и речкам. Заболачивание происходит за счет зарастания растительностью у берегов с появлением тростника, камыша, осоки. Зарастание происходит не только от берегов к середине водоема, но и за счет плавающих растений на поверхности воды. Образуется сплошной зыбкий ковер-сплавина, который постепенно утолщается за счет нарастания растений. Со временем верхняя сплавинная часть соединяется с нижней илистой частью дна водоема и образуется сплошной торфяной слой. Низинные болота имеют значительные размеры и занимают большие территории. Глубина торфа может достигать нескольких метров.

Верховые болота образуются в результате выпадения осадков в виде дождя и снега со сбросом воды в пониженные места рельефа. Такие болота занимают небольшую площадь и могут быть в лесных массивах, в котловинах между двумя водоразделами, на лугах с пониженными формами рельефа.

Насыпи на болотах отсыпают из водоустойчивых дренирующих гравелистых, песчаных или супесчаных грунтов. Высоту насыпи на болоте устанавливают как для третьего типа местности с уровнем длительного стояния поверхностных вод.

При выборе направления трассы целесообразно обходить болотистые участки из-за неблагоприятных условий для земляного полотна. Земляное полотно постоянно увлажняется водой, происходит осадка за счет торфа, оставшегося под насыпью, что вызывает разрушение дорожной одежды. Однако значительные отклонения трассы при

обходе болота заставляют проектировщика искать возможность пересекать болота в наиболее узких местах с небольшой толщиной слоя торфа. Для этого выполняют обследование болота. По намеченным вариантам пересечения болота производят зондирование, т.е. бурение торфа бурами. Скважины привязывают к пикетажному положению варианта трассы с зондированием на 150 м в каждую сторону от оси варианта. По этим данным строят план дна болота в горизонталях для установления положения склонов и принятия решения по конструкции земляного полотна.

При сравнении вариантов проложения трассы через болото учитывают длину участка трассы, устойчивость земляного полотна, объемы работ при устройстве земляного полотна и дорожной одежды.

Конструкции земляного полотна назначают в зависимости от категории дороги, глубины болота, вида и плотности торфа и типа покрытия.

В последние годы все большее распространение на болотах I и II типов получает геотекстильный материал, состоящий из отходов текстильных комбинатов. Прослойки из геотекстильных материалов выполняют армирующую, дренирующую, фильтрующую и разделяющую функции.

Слой из геотекстиля раскатывают в продольном направлении по всей ширине земляного полотна. Полотна соединяют между собой склеиванием или сшиванием. Грунт отсыпают на полотно геотекстиля выше торфа на 0,5 м. Перемешивания грунта с торфом не происходит, осадка торфа идет равномерно.

Замена песчаных дрен дренами из геотекстиля позволяет снизить расход песка, повысить темпы строительства, снизить трудоемкость работ. Дрены выполняют в виде лент, расстояние между осями дрен 1–2 м.

Дно болота может иметь поперечный уклон. Для удержания земляного полотна от сползания необходимо дно болота выравнять. На болотах, особенно сплавинных, происходит движение воды. Для пропуска воды с одной стороны болота через насыпь должны быть построены искусственные сооружения. В основном строят малые мосты или фильтрующие насыпи.

#### 10.2.6. Проложение трассы и проектирование дорог в карстовых районах

В РФ карстовые процессы распространены в ряде районов европейской части страны, в Средней Азии, Сибири и на Дальнем Востоке. В результате движения грунтовых вод в толще горных пород происходит растворение и вымывание солей и мелких частиц. Образуются



пустоты, подземные ходы, большие пещеры, т.е. карстовые явления. На поверхности земли в результате обрушения кровли образуются углубления, воронки, рытвины и борозды.

На аэрофотоснимке хорошо видны карстовые воронки, что облегчает выбор направления трассы. Геологические карты дают точное представление о границах развития карстовых процессов и их характере. Геологические управления представляют для дорожников данные материалы, которые необходимо тщательно изучить.

По геологическим разрезам устанавливают состав горной породы, степень прочности и трещиноватости; по лабораторным данным – содержание растворимых солей, химический состав грунтовых вод. При изысканиях автомобильных дорог изучают рельеф местности, диаметр карстовых воронок и их глубину, возможность роста и степень водонепроницаемости от поверхностных вод.

Карстовые пещеры выявляют методом электроразведки, заключающимся в измерении сопротивления толщ пород, залегающей на определенной глубине. Воздушные пустоты в толще массива резко изменяют сопротивление грунта, что отражается на кривой электропрофиля.

В легкорастворимых породах (сульфатных, сульфатно-карбонатных и каменной соли) ежегодно происходит интенсивный процесс образования просадок и воронок. Поэтому неустойчивые участки, где активно развиваются карстовые процессы, следует по возможности обходить. Если обойти невозможно, трассу прокладывают по участкам, где поверхностный грунтовый слой имеет толщину не менее 10 м при незначительной трещиноватости.

В труднорастворимых породах – карбонатных (в известняках, доломитах, в мелу) – процесс развития карста протекает медленно, что позволяет прокладывать трассу и возводить искусственные сооружения.

Трассу прокладывают по склонам и террасам, а также на участках, где карстовые процессы прекратились.

Для уменьшения притока воды к активным зонам карста необходимо выполнить ряд мероприятий: планирование придорожной полосы, устраняя застои воды в пониженных местах; укрепление русла водоотводных канав; засыпка карстовых воронок водонепроницаемым грунтом; отказ от взрывных работ из-за возможного смещения горных пород; устройство глубокого перехватывающего дренажа, который прекращает карстовые процессы.

В процессе эксплуатации автомобильной дороги необходимо следить за карстовыми процессами, устранять просадки земляного полотна при ремонтных работах.

### 10.2.7. Проложение трассы и проектирование дорог в овражистых районах

Овраги распространены во многих районах РФ, особенно в степных и лесостепных зонах, где они занимают значительные полезные земли.

Овраги образуются в результате размыва слабых почв и выноса продуктов размыва потоками воды. В южных и центральных районах страны в летний период выпадает большое количество осадков. Потоки воды устремляются по склонам к пониженным местам рельефа, нарушая дерновый покров. На склоне образуется промоина или рывина треугольного поперечного сечения. В дальнейшем происходит углубление рывины, у вершины создается обрыв высотой 5–10 м. Боковые откосы осыпаются, промоина расширяется, вершина постепенно перемещается вверх по логу. Стекающая со склонов лога вода образует боковые ответвления оврага – отвершки.

В нижней части оврага, где скорость воды небольшая, образуется конус выноса. Овраг приобретает форму трапеции. Рост оврага прекращается в обычных условиях, если вершина оврага приближается к водоразделу или встречаются грунты, не поддающиеся размыву. Овраг превращается в балку, дно и откосы зарастают травой и кустарником.

Причинами возникновения оврагов могут быть неправильная распашка склонов балок вниз по склону; пастьба скота на склонах, ведущая к уничтожению травяного покрова; неукрепленные придорожные канавы на подъемах и спусках.

В равнинной и пересеченной местностях овраги по возможности необходимо обходить. В зависимости от рельефа местности, наличия контурных и высотных препятствий, населенных пунктов может возникнуть несколько вариантов направления трассы в зоне оврагов.

Один из вариантов – обход оврага со стороны вершины. При этом трасса должна проходить на расстоянии 100 м и более от вершины. В пересеченной местности вершина оврага находится на склоне возвышенности. В этих случаях основной ход трассы может проходить по водоразделу или подниматься по склону в обход оврагов. Трасса может быть извилистой с перепадами высот в продольном профиле. Такое проектирование рационально для дорог низших категорий.

Проектировщик должен предусмотреть мероприятия по закреплению оврага и прекращению его дальнейшего роста, особенно со стороны вершины.

Трасса автомобильной дороги может проходить и в нижней части оврага. При этом основной ход можно прокладывать вдоль речной долины. При пересечении зоны действия оврага не рекомендуется

прокладывать дорогу по конусам выноса, где находится мощный слой слабого грунта. Целесообразно пересекать овраг выше конуса выноса с устройством искусственного сооружения. Объемы земляных работ увеличиваются, однако трасса проходит по кратчайшему расстоянию, такой вариант трассирования применяют для дорог высших категорий.

При пересечении глубоких оврагов устраивают мосты и виадуки на высоких опорах, в связи с чем стоимость работ возрастает. В каждом случае при пересечении оврагов лучший вариант трассы выбирают после технико-экономического сравнения.

Рост оврага зависит от количества поступающей воды с прилегающих площадей поверхности земли. Проектировщик должен решить вопросы отвода и уменьшения притока воды к оврагу, предложить систему искусственных сооружений для укрепления вершины оврага и закрепления русла.

Небольшие склоны оврагов выравнивают, проводят систему рекультивации земель. Верхние слои почвы укрепляют луговой растительностью. На всех выступах (отвершках) высаживают кустарниковые посадки с быстроразвивающейся системой. Известно, что лесные массивы задерживают большое количество воды, поэтому вдоль границ оврага с верховой стороны выращивают лесные полосы шириной 10–15 м. Рекомендуются насаждать лес по склонам и в русле оврага для закрепления грунта корневой системой. Процесс закрепления оврагов длится много лет.

Для укрепления вершины оврага и перехвата воды устраивают направляющие водосборные валы. Воду направляют в головное приемное сооружение в вершине оврага, русла водосброса укрепляют бетонными плитами. Для сброса воды на дно оврага в зависимости от его глубины в верховой части устраивают быстротоки с гасителями скорости в нижней части, водобойные колодцы и перепады для уменьшения скорости течения воды. Количество воды, поступающей в овраг, определяют по расчету.

Русло оврага укрепляется железобетонными лотками с перепадами для уменьшения скорости течения воды. При небольших уклонах русла вместо бетонных лотков устраивают ступени из бетонных плит через расчетное расстояние.

При проектировании водоотвода вдоль дороги необходимо выполнить мероприятия по отводу воды и дополнительному притоку воды к оврагу. Система сооружений придорожного водоотвода должна обеспечивать защиту грунтов от размыва вдоль дороги. Канавы вдоль дороги должны быть укреплены при необходимости с устройством перепадов, гасителей и других сооружений.

В процессе эксплуатации после ливневых дождей проверяют состояние всех искусственных сооружений в зоне оврага. При необходимости выполняют ремонт и восстановление разрушенных сооружений.

#### 10.2.8. Трассирование дорог в районах распространения вечномерзлых грунтов

Вечномерзлые грунты занимают почти половину территории РФ и составляют I дорожно-климатическую зону. Эта территория малонаселенная и неосвоенная, однако, весьма богатая минеральными, энергетическими, водными, лесными и другими сырьевыми ресурсами.

В настоящее время в этих районах идет интенсивная добыча нефти и газа, развивается цветная металлургия, разрабатываются каменноугольные разрезы, действуют мощные лесокомбинаты, строится большое количество гидроэлектростанций.

Вечномерзлые грунты представляют собой водонасыщенные или сухие грунты, находящиеся в замороженном состоянии. Толщина слоя мерзлого грунта может быть от нескольких метров от поверхности земли до 500 м и более.

В летний период верхний слой грунта оттаивает, а зимой вновь промерзает. Этот слой называют деятельным слоем. Толщина деятельного слоя зависит от рельефа местности, состава и влажности грунтов, растительного покрова и географического положения района обследования. При оттаивании мерзлого грунта в верхней части деятельного слоя происходит накопление большого количества воды, грунт водонасыщается на глубину от 1 до 4,5 м.

Нижние слои мерзлого грунта не пропускают воду, а верхние водонасыщенные теряют несущую способность.

В зависимости от мерзлотно-грунтовых условий и особенностей увлажнения различают три типа местности: I – сухие места с обеспеченным поверхностным стоком, каменистыми, гравелистыми и песчаными сухими грунтами или массивными скальными породами, где отсутствуют мерзлотные процессы (возвышенности, сопки); II – сырые места с избыточным увлажнением в отдельные периоды года и признаками поверхностного заболачивания (плоские водоразделы, склоны сопок); III – мокрые места с постоянным избыточным увлажнением, поверхностными и надмерзлотными водами (пониженные места рельефа).

На участке I типа местности земляное полотно проектируют как для II дорожно-климатической зоны. Трассу автомобильной дороги прокладывают по участкам с благоприятными условиями грунтов, по

склонам возвышенностей, по сухим водоразделам с обеспеченным стоком.

Для II и III типов местности трассу прокладывают по вечной мерзлоте, с выполнением ряда мероприятий по сохранению температурного режима мерзлого грунта в основании насыпи.

При конструировании земляного полотна в зоне вечной мерзлоты должен быть обеспечен один из следующих температурных режимов мерзлого грунта в основании земляного полотна:

- сохранение вечномерзлых грунтов в основаниях в течение всего периода эксплуатации дороги;

- частичное оттаивание мерзлого грунта на глубину, определяемую расчетом;

- оттаивание мерзлого грунта от начала строительства дороги до глубины, на которой он уже не влияет на работу земляного полотна, и осушение придорожной полосы.

Первый способ применим для III типа местности. В случае оттаивания вечной мерзлоты грунт теряет свою несущую способность, возникают значительные просадки, земляное полотно разрушается. На придорожной полосе сохраняют моховой и растительный покров. Лесные просеки ограничивают шириной насыпи понизу. Для земляного полотна применяют крупнообломочные, песчаные, супесчаные и глинистые грунты. В основании земляного полотна устраивают специальные прослойки из теплоизолирующих материалов (торфа, пенопласта, шлака). Стоимость выполнения земляных работ значительно возрастает из-за привозных грунтов.

Второй способ рекомендуется для II типа местности. Мощность сезонно оттаивающего слоя зависит от принятой конструкции земляного полотна, высоты насыпи, способа снегоочистки, наличия мохо-торфяного покрова.

Третий способ применим в южных районах, где наблюдается островная мерзлота. На полосе отвода удаляют растительность и моховой покров, уровень вечной мерзлоты при этом опускается. При помощи системы водоотводных канав осушают дорожную полосу и земляное полотно проектируют как для II дорожно-климатической зоны.

Насыпь в зоне вечной мерзлоты возводят из местных несвязных песчаных и крупнообломочных грунтов. Верхнюю часть земляного полотна отсыпают из дренирующих грунтов, щебня или гравия на высоту более 0,5 м. Не рекомендуется устраивать выемки и нагорные канавы из-за возможного более глубокого протаивания и обрушения откосов.

В настоящее время нет проектных решений по типовому оформлению конструкций земляного полотна для зоны вечной мерзлоты. Это связано с неблагоприятными мерзлотно-грунтовыми условиями, которые могут меняться ежегодно. Хозяйственная деятельность человека значительно ухудшает природный баланс вечной мерзлоты. Образуются наледи вдоль дороги. Наледи заливают дорогу и закрывают отверстия искусственных сооружений. Возникает взбугривание при промерзании верхнего деятельного слоя и нижнего слоя вечной мерзлоты. Вода выходит на поверхность в виде наледи. Наледи занимают большие площади. Любое частичное незначительное нарушение человеком растительного покрова при движении машин, вырубке деревьев и кустарников влечет к образованию больших промоин и неожиданных озер, мощность деятельного слоя возрастает.

Для сохранения вечномерзлых грунтов рекомендуется выполнять следующие конструктивные решения: устраивают прослойки из дренирующих материалов толщиной 0,3–0,5 м или из торфа, шлака, пенопласта, полиуретана, полистерола, геотекстиля; в среднюю часть насыпи может быть добавлен местный материал.

#### 10.2.9. Проложение трассы на пересечениях водотоков

Водотоки образуются в результате таяния снега и ледников, выпадения атмосферных осадков. Вода стекает по пониженным местам, создавая временные водотоки или постоянные ручьи и реки.

Территорию, с которой стекает вода к будущему искусственному сооружению, называют бассейном водотока. Небольшие водосборные бассейны ограничиваются самой дорогой и водоразделами. Большие бассейны крупных рек имеют несколько притоков со значительными площадями водосборных бассейнов.

При проектировании труб и малых мостов определяют размеры и характер бассейна стока с учетом топографических и геологических условий: больших мостовых переходов – характерные уровни воды в реке, скорость и направление течения, условия прохода ледохода. Проектирование искусственных сооружений производят одновременно с проектированием автомобильной дороги. Лучшим в отношении пропуска воды является перпендикулярное пересечение дорогой водотоков.

При косом пересечении лога трубы укладывают по оси лога под углом к трассе. Если русло действующего водотока имеет большую извилистость, рекомендуется строить искусственное сооружение рядом с водотоком на сухом месте, а потом выпрямить русло и подвести его к сооружению.

Не рекомендуется на небольшом участке слабохолмистой местности пересекать водоток 2–3 раза или прокладывать трассу вдоль водотока.

Конструкции мостов, строящихся на кривых, должны удовлетворять требованиям к плану и поперечному профилю криволинейных участков дороги в отношении устройства виражей, уширений, введения переходных кривых и т.п.

Мостовые переходы через судоходные реки по возможности следует располагать на прямолинейных участках с руслом из устойчивых грунтов перпендикулярно течению воды. Продольный уклон проезжей части для больших мостов должен быть не более 30 %.

Размеры водопропускных сооружений на пересечении водотока определяют на основе гидравлических расчетов.

#### **10.2.10. Проложение трассы дороги вблизи населенных пунктов**

Обслуживание автомобильными дорогами как местных, так и транзитных перевозок вызывает необходимость связи этих дорог с промежуточными населенными пунктами. При этом возникают задачи пропуска транзитного движения и обеспечения удобной связи дороги с разными районами города.

Автомобильные дороги высших категорий необходимо прокладывать в обход промежуточных населенных пунктов с устройством подъездных путей.

Крупные города 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 автомобилей из пригородной зоны.

Для улучшения условий транзитного движения и облегчения внутригородских перевозок в крупных городах устраивают кольцевые обходные (магистральные). По этому принципу работает кольцевая автомобильная дорога вокруг Москвы при скорости движения 60–80 км/ч. Пересечения кольцевой дороги с подъездными дорогами устраивают в разных уровнях.

При проектировании дороги через населенный пункт возрастает опасность дорожно-транспортных происшествий с пешеходами, увеличивается загрязнение воздуха отработавшими газами, скорость автомобилей снижается, усиливается шум. Усложняется конструкция дорожной одежды из-за наличия подземных коммуникаций, водопровода, ливневой и фекальной канализаций, систем связи и энергоснабжения. Увеличивается стоимость дорожной одежды из-за устройства

системы дренажей для отвода воды с покрытия и конструкции дорожной одежды. Обочины дороги в населенном пункте должны иметь твердое покрытие. Значительно ухудшается содержание дороги зимой, особенно снегоочистка.

Для безопасного движения пешехода в населенных пунктах предусматривают специально оборудованные места с устройством направляющих барьеров-ограждений. Около магазинов, столовых, медицинских и зрелищных учреждений должны быть оборудованы остановочные площадки. В темное время суток стоянки должны освещаться.

### Контрольные вопросы

1. Дайте характеристику негативных последствий развития транспорта.

2. Выполните ранжирование рисков опасности, которую представляют собой отдельные природные катаклизмы и «рукотворные» катастрофы, связанные с деятельностью людей.

3. Приведите основные источники загрязнения земли.

4. Рассмотрите актуальную экологическую проблему занятости территории подвижным составом и транспортными сооружениями.

5. Раскройте актуальность мировой проблемы – сброса твердых и жидких отходов в моря и реки.

6. Дайте характеристику выброса токсичных веществ различными видами автомобильного транспорта.

7. Рассмотрите основные аспекты защиты окружающей среды от негативных воздействий автомобилизации.

8. Изложите основные правила выбора направления трассы.

9. Расскажите о ландшафтном проектировании автомобильной дороги.

10. Приведите принципы клотоидного трассирования с учетом требований охраны природы.

11. Каковы особенности проложения трассы в равнинной, пересеченной и горной местностях?

12. Каковы особенности проложения трассы в заболоченных районах, в районах развития карста и оврагов, в районах вечной мерзлоты?

13. Рассмотрите методы использования аэрофотосъемки при трассировании дорог.



## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В пособии изложена история развития транспортных средств и транспортного строительства, начиная с развития путей сообщения в первобытном и рабовладельческом обществе и кончая созданием современной транспортной системы России. Приведены характеристики работы транспорта и механика движения транспортных средств, подвижного состава автомобильного, железнодорожного, водного и воздушного транспорта.

Рассмотрены особенности проложения сухопутных путей сообщения, проектирования и строительства городских дорог и улиц, земляного полотна, транспортных узлов, а также учета дорожных условий работы автомобильного транспорта и влияния погодноклиматических факторов на транспортные качества дороги. Отражены вопросы эксплуатации транспортных средств и охраны окружающей среды.

Учебное пособие окажет существенную помощь в процессе изучения студентами специальных дисциплин в области проектирования путей сообщения и транспортном строительстве.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Автомобильные дороги: безопасность, экологические проблемы, экономика (российско-германский опыт) [Текст] /под ред. В.Н. Лукина, К.-Х. Ленца. – М.: Логос, 2002. – 624 с.
2. Васильев, А.П. Эксплуатация автомобильных дорог [Текст]: учебник / А.П. Васильев. – В 2-х т. – М.: ИЦ «Академия», 2010. – Т.1. – 114 с.
3. Цупиков, С.Г. Автомобильные дороги и аэродромы. Введение в специальность [Текст]: учеб. пособие / С.Г. Цупиков, А.М. Борцов, Н.С. Казачек. – Иваново: Изд-во Иван. гос. арх.-строит. ун-та, 2009. – 114 с.
4. Юшков, Б.С. Дорожное строительство (термины и определения) [Текст]: учеб. пособие / Б.С. Юшков. – Пермь: Изд-во Перм. гос. техн. ун-та, 2003. – 142 с.
5. Бажанов, А.П. История транспортного строительства [Текст] / А.П. Бажанов. – Пенза: ПГУАС, 2010. – 268 с.
6. Скачков, Ю.П. История отрасли и введение в транспортное строительство [Текст] / Ю.П. Скачков, А.П. Бажанов, А.М. Морковкина. – Пенза: ПГУАС, 2012. – 268 с.
7. Шабуров, С.С. Экологическая безопасность автомобильных дорог [Текст]: учеб. пособие / С.С. Шабуров. – Иркутск: Изд-во ИрГГУ, 2006. – 383 с.
8. Федотов, Г.А. Изыскания и проектирование автомобильных дорог [Текст]: учебник / Г.А. Федотов, П.И. Поспелов. – Кн. 1. – М.: Высш. шк., 2009. – 646 с.
9. Троицкая, Н.А. Единая транспортная система [Текст] / Н.А. Троицкая, А.Б. Чубуков. – М.: Издательский центр «Академия», 2004. – 240 с.
10. Трофименко, Ю.В. Экология: Транспортное сооружение и окружающая среда [Текст]: учеб. пособие / Ю.В. Трофименко, Г.И. Евгеньев; под ред. Ю.В. Трофименко. – М.: ИЦ «Академия», 2006. – 400 с.
11. Ставров, А.П. Развитие автомобильного транспорта России [Текст]: учеб. пособие / А.П. Ставров, А.Е. Вязовский. – Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2005. – 104 с.
12. Строительство, эксплуатация и ремонт автомобильных дорог [Текст]: справочник дорожного мастера / под общ. ред. С.Г. Цупикова. – М.: «Инфра – Инженерия», 2005. – 928 с.

13. Рубец, Д.А. История автомобильного транспорта России [Текст]: учеб. пособие / Д.А. Рубец. – М.: ИЦ «Академия», 2003, 2006. – 304 с.
14. Садовой, В.Д. Проектирование генеральных планов аэропортов [Текст]: учеб. пособие / В.Д. Садовой. – М.: Изд-во МАДИ (ГТУ), 2005. – 85 с.
15. Силкин, В.В. Технология и организация работ на производственных предприятиях дорожного строительства [Текст]: учеб. пособие / В.В. Силкин. – М.: АСВ, 2005. – 208 с.
16. Сильянов, В.В. Транспортно-эксплуатационные качества автомобильных дорог [Текст] / В.В. Сильянов. – М.: Транспорт, 2006. – 287 с.
17. Гайлитис, Д.И. Обеспечение экологической безопасности технологических процессов в дорожном хозяйстве [Текст]: учеб. пособие / Д.И. Гайлитис. – Брянск: Изд-во БГИТА, 2010. – 250 с.
18. Домке, Э.Р. Управление качеством дорог [Текст] / Э.Р. Домке, А.П. Бажанов, А.С. Ширшиков. – Ростов н/Д.: Феникс, 2006. – 254 с.
19. Куляшов, А.П. Зимнее содержание дорог [Текст]: учеб. пособие / А.П. Куляшов, Ю.И. Молев, В.А. Шапкин. – Нижний Новгород: Изд-во Нижегород. гос. техн. ун-та, 2007. – 353 с.
20. Мельник, С.В. Введение в направление «Транспортное строительство» [Текст]: учеб. пособие / С.В. Мельник, В.П. Никитин. – Омск: Изд-во СибАДИ, 2004. – 171 с.
21. Менделеев, Г.А. Транспорт в планировке городов [Текст]: учеб. пособие / Г.А. Менделеев. – М.: Изд-во МАДИ (ГТУ), 2005. – 135 с.
22. Немчинов, М.В. Охрана окружающей природной среды при проектировании и строительстве автомобильных дорог [Текст]: учеб. пособие / М.В. Немчинов, В.Г. Систер, В.В. Силкин. – М.: АСВ, 2004. – 240 с.
23. Бабков, В.Ф. Пути сообщения: Конспект лекций [Текст] / В.Ф. Бабков. – М.: Изд. МАДИ, 1992. – 224 с.; 1994. – 136 с.
24. Баловнев, В.И. Машины для содержания и ремонта городских и автомобильных дорог [Текст]: учебное пособие / В.И., Баловнев [и др.]; под ред. В.И. Баловнева. – 2-е изд. перераб. и доп. – Омск: ОАО «Омский дом печати», 2005. – 768 с.
25. Вербицкий, Г.М. Комплексная механизация строительства [Текст]: учебное пособие / Г.М. Вербицкий. – Хабаровск: Изд-во Тихоок. гос. ун-та, 2006. – 274 с.
26. Елькин, Б.П. Автомобилизация и дорожное движение (проблемы и решения) [Текст]: учебное пособие / Б.П. Елькин. – Тюмень: Изд. ТюмГАСУ, 2007.

27. Доценко, А.И. Машины и оборудование природообустройства и охраны окружающей среды города [Текст]: учебное пособие / А.И. Доценко, В.А. Зотов. – М.: Высшая школа, 2007. – 519 с.

28. Куликов, Ю.И. Автомобильный транспорт в транспортной системе России [Текст]: учебное пособие / Ю.И. Куликов. – Хабаровск: Изд-во ТОГУ, 2007. – 246 с.

29. Гестрин, Б.И. История техники [Текст]: учебное пособие / Б.И. Гестрин, С.А. Яценко. – Иркутск: Изд-во ИрГТУ, 2008. – 252 с.

30. Бургонутдинов, А.М. Общий курс путей сообщения [Текст]: учебное пособие / А.М. Бургонутдинов, Б.С. Юшков. – Пермь: Изд. Пермского ГТУ, 2010.

31. Давыдов, В.А. Автомобильные дороги на Крайнем Севере и в зоне вечной мерзлоты России [Текст]: учебное пособие / В.А. Давыдов. – М.: Изд. МАДИ, 2010. – 218 с.

32. Подольский, Вл.П. Технология и организация строительства автомобильных дорог. Земляное полотно [Текст]: учебник / Вл.П. Подольский, А.В. Глагольев, П.И. Поспелов. – М.: ИЦ «Академия», 2011. – 432 с.

33. Жуков, В.И. Оценка воздействия транспортно-дорожного комплекса на окружающую среду [Текст]: учебное пособие / В.И. Жуков, Л.Н. Горбунова, С.В. Севастьянов. – Красноярск: Изд. Сиб. федер.ун-та, 2012. Т.1 – 486 с., Т.2 – 297 с.

34. Котлярский, Э.В. Органические вяжущие материалы [Текст]: учеб. пособие / Э.В. Котлярский, Т.Н. Акимова. – М.: Изд. МАДИ, 2012. – 98 с.

35. Подольский, Вл.П. Технология и организация строительства автомобильных дорог. Дорожные покрытия [Текст]: учебник / Вл.П. Подольский, П.И. Поспелов, А.В. Глагольев, А.В. Смирнов; под ред. Вл.П. Подольского. – М.: ИЦ «Академия», 2012. – 304 с.

#### **Дополнительная литература**

1. Руководство по оценке пропускной способности автомобильных дорог [Текст]. – М.: Транспорт, 1982. – 87 с.

2. Азаренкова, З.В. Общественно-транспортные центры в современных градостроительных условиях [Текст] / З.В. Азаренкова, Л.Н. Степанова // Транспорт (Наука, техника и управление). – №12. – М.: ВИНТИ, 1995.

3. Алане, Х. Машинизация заготовки леса в Финляндии (состояние и перспективы) [Текст] / Х.Алане, В.С. Сюнев // Сб. науч. трудов ЛИФа ПетрГУ. Вып. 2. – Петрозаводск, 1999. – С. 3–8.

4. Бабков, В.Ф. Дорожные условия и безопасность движения [Текст] / В.Ф. Бабков. – М.: Транспорт, 1993. – 271 с.

5. Бабков, В.Ф. Проектирование автомобильных дорог. Ч. 1-2 [Текст]: учеб. для вузов / В.Ф. Бабков. – М.: Транспорт, 1987. – 368 с.
6. Бабков, В.Ф. Пути сообщения [Текст]: учеб. пособие / В.Ф. Бабков. – М.: Изд-во МАДИ (ТУ), 1993. – 221 с.
7. Бердник, Б.И. Сердце транспортной системы [Текст] / Б.И. Бердник, М.Н. Заневская // Городское хозяйство Москвы. – 1987. – № 2. – С. 10–15.
8. Боков, А.В. Многофункциональные комплексы и сооружения: Обзор по гражданскому строительству и архитектуре [Текст] / А.В. Боков. – М.: ЦНТИ, 1973.
9. Бытырев, В.М. Вокзалы [Текст] / В.М. Бытырев. – М.: Стройиздат, 1988.
10. Васильев, А.П. Эксплуатация автомобильных дорог и организация дорожного движения [Текст]: учеб. для вузов / А.П. Васильев, В.М. Сиденко; под ред. А.П. Васильева. – М.: Транспорт, 1990. – 304 с.
11. ВСН 62–91\*. Проектирование среды жизнедеятельности с учетом потребностей инвалидов и маломобильных групп населения [Текст]. – М.: ГП ЦПП, 1994.
12. ВСН 6–90. Правила диагностики и оценки состояния дорог [Текст]. – М.: Минавтодор РСФСР, 1990.
13. Герасимов, Ю.Ю. Лесосечные машины для рубок ухода: компьютерная система принятия решений [Текст] / Ю.Ю.Герасимов, В.С. Сюнёв. – Петрозаводск: изд-во ПетрГУ, 1998. – 236 с.
14. Голубев, Г.Е. Автомобильные стоянки и гаражи в застройке городов [Текст] / Г.Е. Голубев. – М.: Стройиздат, 1988.
15. Горецкий, Л. И. Жесткие покрытия аэродромов [Текст] / Л.И. Горецкий, Ф.Я. Зайцев. – М., 1961.
16. ГОСТ 30412–96. Дороги автомобильные и аэродромы. Методы измерений неровностей оснований и покрытий [Текст]. – М., 2002. – 133 с.
17. ГОСТ 30413–96. Дороги автомобильные. Метод определения коэффициента сцепления колеса автомобиля с дорожным покрытием [Текст]. – М., 2002. – 133 с.
18. ГОСТ Р 50597–93. Автомобильные дороги и улицы. Требования к эксплуатационному состоянию, допустимому по условиям обеспечения безопасности дорожного движения [Текст]. – М., 2002. – 133 с.
19. ГОСТ Р 50597–93. Автомобильные дороги и улицы. требования к эксплуатационному состоянию, допустимому по условиям обеспечения дорожного движения [Текст]. – М.: Госстандарт России, 1993. – 12 с.
20. Заготовка древесины по сортиментной технологии. Рекомендации по расчету затрат [Текст] / НИИ леса Финляндии. Исследовательский центр Йоэнсуу, 2004. – 16 с.

21. Изыскание и проектирование аэродромов [Текст] / под ред. В.Ф. Бобкова. – М., 1963; Строительство аэродромов, М., 1968.
22. Клинковштейн, Г.И. Организация дорожного движения [Текст]: учеб. для вузов / Г.И. Клинковштейн, М.Б. Афанасьев. – 5-е изд., перераб. и доп. – М.: Транспорт, 2001 – 231 с.
23. Краткий автомобильный справочник НИИАТ Министерства автомобильного транспорта РСФСР [Текст]. – М.: Транспорт, 1982. – 21 с.
24. Краткий справочник техника-дорожника [Текст] / А.П. Васильев, В.К. Анестин, Ю.Н. Розов и др.; под ред. А.П. Васильева.– М.: Транспорт, 1992.– 176 с.
25. Кременец, Ю.А. Технические средства организации дорожного движения [Текст]: учеб. для вузов / Ю.А. Кременец. – М.: Транспорт, 1990. – 255 с.: ил.
26. Луканиц, В.М. Автомобильные потоки и окружающая среда [Текст] / В.М. Луканиц, А.П. Буслаев, М.В. Яшинов. – М.: ИНФРА, 2001. – 646 с.
27. Мытько, Я.Р. Оценка транспортно-эксплуатационных характеристик автомобильных дорог [Текст] / Я.Р. Мытько. – Минск: «ВУЗ-ЮНИТИ», 2001. – 250 с.
28. Немчинов, М.В. Сцепные качества дорожных покрытий и безопасность движения автомобиля [Текст] / М.В. Немчинов. – М.: Транспорт, 1985. – 230 с.
29. Платонов, А.П. История науки и техники: Развитие транспортного строительства [Текст] / А.П. Платонов. – СПб.: Изд-во СПбГАСУ, 1994. – 152 с.
30. Полосин-Никитин, С.М. Основы строительства и эксплуатации автомобильных дорог [Текст]: учеб. для автомоб.-дор. техникумов / С.М. Полосин-Никитин. – М.: Транспорт, 1979. – 248 с.
31. Правила диагностики и оценки состояния автомобильных дорог. ОДН 218.0.006-2002 [Текст] / Министерство транспорта Российской Федерации. Государственная служба дорожного хозяйства России. – М., 2002. – 133 с.
32. Программа совершенствования и развития автомобильных дорог Российской Федерации «Дороги России» 1995–2000 гг. Министерство транспорта Российской Федерации [Текст]. – М.: Информатодор, 1994. – 78 с.
33. Проектирование дорог и сетей пассажирского транспорта в городах [Текст]: учеб. пособие для вузов по спец. «Гор. стр-во» и «Экономика и орг. гор.хоз-ва» / Е.А. Меркулов [и др.]. – М.: Стройиздат, 1980. – 496 с.

34. Рекомендации по проектированию элементов путей сообщения, удобных для передвижения инвалидов, людей с физическими недостатками и престарелых в различных градостроительных условиях городов и населенных пунктов РСФСР [Текст] – М.: ЦНИИП градостроительства, 1990.

35. Рекомендации по разработке комплексных транспортных схем для крупных городов [Текст]. – М.: Стройиздат, 1984.

36. Ремонт и содержание автомобильных дорог. Методические указания к курсовому проекту по дисциплине «Эксплуатация автомобильных дорог» [Текст] / Сост. В.К. Апестин, А.П. Васильев. – М.: МАДИ (ТУ), 1999. – 53 с.

37. Скачков, Ю.П. Введение в специальность «Автомобильные дороги и аэродромы» [Текст] / Ю.П. Скачков. – Пенза: ПГАСА, 2002. – 157 с.

38. СНиП 2.01-02–85\*. Противопожарные нормы [Текст]. – М.: ГП ЦПП, 1991.

39. СНиП 2.05.02–85. Автомобильные дороги [Текст] / Госстрой СССР. – М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1986. – 56 с.

40. СНиП 2.05.08–85 Аэродромы [Текст]/ Госстрой СССР. – М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1985. – 59 с.

41. СНиП 2.07.01–89. Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений [Текст].

42. СНиП 3.06.03–85. Автомобильные дороги [Текст] / Госстрой СССР. – М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1986. – 112 с.

43. СНиП 3.06.07–86. Мосты и трубы. Правила обследований и испытаний [Текст]/ Госстрой СССР. – М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1981. – 37 с.

44. Технические правила ремонта и содержания автомобильных дорог [Текст]: ВСН 24–88. Минавтодор РСФСР. – М.: Транспорт, 1989. – 198 с.

45. Тидор, С.Н. Системный менеджмент, или Паутина на ветру [Текст] / С.Н. Тидор. – Петрозаводск: ПетрГУ, 2003. – 330 с.

46. Указания по обеспечению безопасности движения на автомобильных дорогах [Текст]. ВСН 25-86. – М.: Транспорт, 1988. – 183 с.

47. Хомяков, Я.С. Инженерное оборудование автомобильных дорог [Текст] / Я.С. Хомяков, Ф.П. Гончаренко, С.Л. Колилевич. – М.: Транспорт, 1990. – 230 с.

48. Цайдлер. Многофункциональная архитектура [Текст]. – М.: Стройиздат, 1988.

49. Циприанович, И.В. Определение времени осушения дренажного слоя [Текст]./И.В. Циприанович И.В., А.И. Баришпол – К.: КМУГА, 1999.

50. Черепанов В.А. Транспорт в планировке городов [Текст]: учеб. для вузов / В.А. Черепанов. – 2-е изд., перераб. и доп.– М.: Стройиздат, 1981. – 216 с., ил.

51. Чернышев, М.А. Железнодорожный путь [Текст]: учеб. для техникумов ж.-д. трансп. / М.А. Чернышев, З.Л. Крейнис. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Транспорт, 1985. – С. 96.

52. Чернышев, М.А. Устройство, содержание и ремонт пути [Текст] / М.А. Чернышев. – 2 изд. – М., 1963.

53. Шахунянец, Г.М. Железнодорожный путь [Текст] / Г.М. Шахунянец. – М., 1961.

54. Шегельман, И.Р. Технология заготовки сортиментов на лесосеке [Текст]: учеб. пособие / И.Р. Шегельман, И.А. Васильев, К.К. Демин. – Петрозаводск: Изд-во ПетрГУ, 1999. – 64 с.



## ОГЛАВЛЕНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ .....	3
ВВЕДЕНИЕ .....	5
<b>1. ПУТИ СООБЩЕНИЯ И ТРАНСПОРТНАЯ СИСТЕМА РОССИИ.....</b>	<b>9</b>
1.1. Пути сообщения в единой транспортной системе страны .....	9
1.2. Виды транспорта .....	12
Контрольные вопросы.....	18
1.3. Характеристики работы транспорта и механика движения транспортных средств .....	19
1.3.1 Движение автомобиля по дороге. Сопротивление движению автомобиля .....	19
1.3.2. Сцепление шин с поверхностью дороги .....	20
1.3.3. Торможение автомобиля.....	22
1.3.4. Особенности торможения автомобилей на затяжных спусках.....	24
Контрольные вопросы.....	25
<b>2. ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ ПУТЕЙ СООБЩЕНИЯ И ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ.....</b>	<b>26</b>
2.1. Пути сообщения в первобытном и рабовладельческом обществе .....	26
Контрольные вопросы.....	32
2.2. Строительство дорожных путей сообщения в период появления механического транспорта .....	32
Контрольные вопросы.....	42
2.3. Строительство путей сообщения и транспортных средств в эпоху автомобилизма и развития авиации.....	43
2.4. Строительство путей сообщения и транспортных средств во второй половине XX и начале XXI в.....	46
Контрольные вопросы.....	52
<b>3. ВОДНЫЕ ПУТИ СООБЩЕНИЯ .....</b>	<b>53</b>
3.1. Виды водных путей сообщения.....	53
3.2. Подвижной состав водного транспорта .....	54
3.3. Речные, озерные и морские пути судоходства.....	58
Контрольные вопросы.....	61
<b>4. СУХОПУТНЫЕ ПУТИ СООБЩЕНИЯ.....</b>	<b>62</b>
4.1. Проложение сухопутных сообщений.....	62
4.2. Поперечные профили железной и автомобильной дорог.....	70
Контрольные вопросы.....	74

4.3. Земляное полотно.....	75
4.4. Сооружения на автомобильных и железных дорогах.....	80
4.5. Транспортные узлы.....	85
Контрольные вопросы .....	93
<b>5. ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫЕ ПУТИ СООБЩЕНИЯ: ЖЕЛЕЗНЫЕ ДОРОГИ И ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫЙ ТРАНСПОРТ .....</b>	<b>94</b>
5.1. Особенности железнодорожного транспорта.....	94
5.2. Верхнее строение, пути и подвижной состав железных дорог.....	98
5.3. Железнодорожные станции .....	115
Контрольные вопросы .....	118
<b>6. АВТОМОБИЛЬНЫЕ ПУТИ СООБЩЕНИЯ: АВТОМОБИЛЬНЫЕ ДОРОГИ .....</b>	<b>119</b>
6.1. Особенности автомобильного транспорта.....	119
6.2. Дорожные условия работы автомобильного транспорта .....	124
6.2.1. Факторы, влияющие на работу и состояние дороги .....	124
6.2.2. Особенности взаимодействия дороги и автомобиля .....	125
6.2.3. Надежность и проезжаемость автомобильных дорог .....	127
6.2.4. Ровность покрытия .....	131
6.2.5. Скользкость и шероховатость покрытия .....	132
6.2.6. Погодно-климатические факторы и транспортные качества дороги .....	135
Контрольные вопросы .....	138
6.2.7. Классификация автомобильных дорог .....	138
6.2.8. Термины и определения в соответствии с ГОСТ Р 52398–2005 .....	140
6.2.9. Классы автомобильных дорог .....	140
6.2.10. Основные технические характеристики классификационных признаков автомобильных дорог.....	141
6.3. Определение геометрических элементов трассы автомобильных дорог (ГОСТ Р 52399–2005) .....	141
6.3.1. Термины и определения.....	141
6.3.2. Геометрические элементы плана и продольного профиля автомобильной дороги .....	143
6.3.3. Элементы поперечного профиля автомобильной дороги.....	144
6.4. Дорожные одежды.....	146
6.4.1. Конструктивные слои дорожной одежды.....	146
6.4.2. Классификация дорожных одежд. Основные виды дорожных покрытий .....	150
Контрольные вопросы .....	156

7. ГОРОДСКИЕ ПУТИ СООБЩЕНИЯ: ДОРОГИ И УЛИЦЫ .....	157
7.1. Классификация городских путей сообщения - дорог и улиц .....	157
Контрольные вопросы.....	164
7.2. Особенности городского транспорта .....	164
7.3. Городские транспортные узлы .....	167
Контрольные вопросы.....	171
8. ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ ТРАНСПОРТ.....	172
8.1. Виды производственного транспорта .....	172
8.2. Лесовозный транспорт .....	184
8.3. Карьерный транспорт .....	190
8.4. Трубопроводный транспорт .....	195
Контрольные вопросы.....	198
9. ВОЗДУШНЫЙ ТРАНСПОРТ .....	199
9.1. Развитие воздушного транспорта.....	199
9.2. Аэродромы и аэродромные покрытия.....	205
Контрольные вопросы.....	213
10. ТРАНСПОРТ И ОХРАНА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ.....	214
10.1. Охрана окружающей среды и транспортное строительство....	214
10.2. Особенности строительства дорожных путей сообщения	
в разных природных районах.....	224
10.2.1. Выбор трассы на местности .....	224
10.2.2. Трассирование дороги в увязке с окружающим	
ландшафтом, обеспечение пространственной плавности	
трассы.....	225
10.2.3. Проложение трассы и проектирование дорог .....	228
в равнинной и пересеченной местностях .....	228
10.2.4. Проложение трассы и проектирование дорог	
в горной местности .....	229
10.2.5. Проложение трассы и проектирование дорог	
в заболоченных районах .....	231
10.2.6. Проложение трассы и проектирование дорог	
в карстовых районах .....	232
10.2.7. Проложение трассы и проектирование дорог	
в овражистых районах .....	234
10.2.8. Трассирование дорог в районах распространения	
вечномерзлых грунтов.....	236
10.2.9. Проложение трассы на пересечениях водотоков .....	238
10.2.10. Проложение трассы дороги вблизи населенных пунктов....	239
Контрольные вопросы.....	240
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	241
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	242

Учебное издание

Бажанов Анатолий Павлович

## ОБЩИЙ КУРС ПУТЕЙ СООБЩЕНИЯ

Учебное пособие

Редактор            М.А. Сухова  
Верстка             Н.А. Сазонова

---

Подписано в печать 27.05.14. Формат 60×84/16.  
Бумага офисная «Снегурочка». Печать на ризографе.  
Усл. печ. л. 14,65. Уч.-изд. л. 15,75. Тираж 500 экз. 1-й завод 100 экз.  
Заказ №147.



---

Издательство ПГУАС.  
440028, г.Пенза, ул. Германа Титова, 28.