

УДК 656(075.8)

ББК 39.311

С 57

Содиков Ж.И.

Пути сообщения [Текст] : учебник / Ж. И. Содиков, Ш. А. Мирходжаев. — Ташкент : Baktria press, 2015. — 288 с.

Учебник подготовлен в соответствии с учебной программой дисциплины “Пути сообщения”. В нем наряду с изложением основных типов путей сообщений рассматриваются история развития различных видов транспорта таких как: 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. Учебник создан на основе материалов из открытых источников интернет сайтов и обобщен материалами авторов полученные в ходе научной и практической деятельности.

Учебник предназначен для студентов специальности 5340800 — “Строительство автомобильных дорог и аэродромов”, 5521100 — “Наземные транспортные системы”, 5310600 — “Эксплуатация дорожных машин”, 5620100 — “Организация перевозки и транспортная логистика” и может быть использовано студентами других специальностей при изучении дисциплин по транспортным системам. Учебник одобрен ученым Советом Ташкентского Автомобильно-Дорожного Института.

ББК 39.513я7

Рецензенты:

К. Х. Азизов, к. т. н., профессор кафедры «Эксплуатация и строительство автомобильных дорог» Ташкентского автомобильного дорожного института;

А.Ф. Шахидов, д.т.н., профессор, заведующий кафедрой «Изыскание и проектирование автомобильных дорог» Ташкентского автомобильного дорожного института.



Данный учебник издан при финансовой поддержке Ассоциации выпускников Японского Агентства Международного Сотрудничества (JICA). Мнения и точка зрения, выраженные в данной публикации, принадлежат авторам и не отражают официальной позиции JICA.

ISBN 978-9943-4567-0-9

© Ташкентский автомобильный дорожный институт, 2015

© Ж. И. Содиков, Ш. А. Мирходжаев, 2015

© Baktria press, 2015

ПРЕДИСЛОВИЕ

Развитие транспорта тесно связана с прогрессом человеческого общества. Транспорт (от лат. trans — «через» и portare — «нести») — может означать: одну из важнейших отраслей материального производства, осуществляющую перевозки пассажиров и грузов; совокупность всех видов путей сообщения, транспортных средств, технических устройств и сооружений на путях сообщения, обеспечивающих процесс перемещения людей и грузов различного назначения из одного места в другое. Современный транспорт представляет с собой единую (в социально-экономическом отношении) транспортную систему.

Сформировавшись в полной мере в 20 веке, мировая транспортная система включила в себя пути сообщения (железные и автомобильные магистрали, водные и воздушные пути, вокзалы и аэропорты, порты и станции), транспортные средств, включающие все виды наземного, водного и воздушного транспорта, и предприятия и управление транспортом. Эта система имеет свои качественные и количественные показатели, проявляющиеся в общей протяжённости путей сообщения, грузообороте и пассажирообороте.

Мировая транспортная система состоит из нескольких региональных транспортных систем и имеет неоднородную структуру. Так, густота транспортной сети в большинстве развитых стран составляет 50–60 км на 100 км² территории, в то время как в развивающихся — 5–10 км. Участие различных видов транспорта в мировом обороте также не одинаково: в грузообороте преобладает морской транспорт, в пассажирообороте — автомобильный.

Одной из самых развитых является транспортная система Северной Америки, где сосредоточено приблизительно 30% от всей протяжённости мировых путей сообщения. Она же и является лидером в области грузооборота. Мировая транспортная система развита неравномерно по странам и континентам. Наиболее густая транспортная сеть в Западной Европе и Северной Америке, наименее развита — в Африке и некоторых странах Азии.

Главная задача учебника состоит в том, чтобы систематизировать практические знания в области транспорта и путей сообщения, ознакомить студентов с различными видами транспорта и их характеристиками и перспективами развития путей сообщений и как влияет развитие транспортной системы на экономику государства.



ВВЕДЕНИЕ

Транспорт во все времена и у всех народов играл важную роль, а на современном этапе его значение неизмеримо возросло. Сегодня существование любого государства немыслимо без мощного, хорошо развитого транспорта, так как возросла потребность населения в перевозках, а изделия промышленности и продукция сельского хозяйства перевозятся к местам потребления на значительные расстояния.

Транспорт — это инфраструктура человеческого общества, предназначенная для удовлетворения социальной потребности в перемещении грузов и людей в пространстве, которая формируется из индивидуальных потребностей отдельных людей или как их функция. Люди всегда мечтали о быстром перемещении в пространстве и с завистью смотрели на парящих птиц в небе. В дальнейшем именно скорость перемещения в пространстве человечество начало использовать как основной показатель уровня развития цивилизации. Борьба за скорость считается основным направлением развития современной технологии, техники и транспорта. Транспорт решает сложные и крупномасштабные проблемы, связанные с обеспечением значительного подъема материального и культурного уровня жизни людей. Транспорт — это тот элемент производительных сил общества, без которого эти силы существовать и развиваться не могут.

В общей структуре транспортной системы значительный объём капитальных вложений занимают пути сообщения. От состояния путей сообщения в значительной степени, зависит эффективность функционирования подвижного состава.

Пути сообщения классифицируются и именуются соответственно наименованиям используемого типа 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.

Транспорт — одна из важнейших отраслей экономики. Он является материальной базой для общества, разделению труда, специализации и кооперации производства, торговли как в пределах страны, так и на международном уровне.

Транспорт принадлежит к отраслям материального производства, хотя он не создает новые материальные продукты в отличие от агропромышленности или сельского хозяйства. Он обеспечивает перемещение людей и ранее созданных материальных ценностей.

Несмотря на несомненное внешнее различие разных видов транспорта, в строительстве, содержании и эксплуатации их путей сообщения имеется много общих черт. Насыпи на железнодорожных и автомобильных дорогах и регулирующие сооружения на реках близки по конструкции. Практически одинаково решаются вопросы защиты аэродромов, автомобильных и железных дорог от поверхностных и грунтовых вод. Лишь в деталях отличаются покрытия на автомобильных дорогах и взлетно-посадочных полосах аэродромов, в городах и на погрузочно-разгрузочных площадках речных и морских портов. Поэтому инженеру, работающему на каком-либо виде транспорта, необходимо иметь достаточно четкое представление о других, смежных видах транспорта. Усвоение дисциплины существенно расширяет кругозор и эрудицию инженера, позволяет реально оценивать современное состояние транспортной системы, понимать техническую политику ее дальнейшего развития и основные направления научно-исследовательских работ, проводимых на транспорте и для транспорта.

1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ТРАНСПОРТА

1.1. История развития транспорта

Потребность в перемещении грузов возникла на самых первых этапах человеческой культуры. Зарождение пешеходных троп относится к первобытно-общинному периоду существования человеческого общества, когда появились постоянные поселения, зародилось скотоводство и земледелие. Направляясь на охоту или рыбную ловлю, люди избирали пути, пролегающие по наиболее удобным для передвижения местам, обходя препятствия. В результате многократных проходов возникали тропы, в первую очередь у выходов из поселений, на подходах к бродам.

Следует отметить, что на этом этапе развития человечества потребности в транспорте были минимальными, так как ограничивались обслуживанием собственных нужд.

Первыми «техническими средствами» сухопутного транспорта были волокуши из жердей, простые короткие шесты, которые позднее, видоизменяясь, получили название коромысел. Пара шестов превратились в известные носилки.

С приручением домашних животных — быков и ослов (в Египте — в VI–V тысячелетиях до нашей эры) возникли первые требования к выбору и подготовке путей, вначале в виде обламывания мешавших ветвей.

В этот же период зарождался водный транспорт. Вид плывущих по реке деревьев наталкивал на мысль о постройке плотов, а вид дуплистого дерева — на устройство челнока путем выжигания и выдалбливания. В странах, где было развито скотоводство, зарождалась идея надутых мехов, как средства для переправ. На безлесном побережье северных морей появились кожаные лодки и т.д.

Появление металлических орудий, развитие скотоводства и земледелия привели к зарождению торговли, вначале как обмена между соседними поселениями, потом путем многократных промежуточных обменов с более отдаленными. Возникла торговля. Начались захваты имущества соседей, превращение пленных в рабов. Из разраставшихся племен возникли рабовладельческие государства. Вооруженные конфликты между соседями превратились в целенаправленные войны для захвата территорий, обложения данью. Это создало потребность в системе сухопутных и водных путей:

- для торговли;
- военных походов;
- управления государством;
- культовых шествий (городские улицы).

Старейшие из известных нам больших государств или цивилизаций возникли на Древнем Востоке в долинах рек Нила, Тигра и Евфрата, Инда, Ганга, Хуанхэ и Янцзы, а также на побережье Средиземного моря в Древней Греции и Древней Италии (Риме). Своим развитием эти великие цивилизации обязаны не только плодородным землям и рыбным богатствам, но и мощному для своего времени транспорту, прежде всего водному.

Например, Египет, по свидетельству Геродота, за 5 тыс. лет до н.э. обладал многочисленным речным и морским флотом, на котором была занята огромная армия людей — 700 тысяч человек. По Нилу на плотках и судах в больших количествах перевозились продукты земледелия и животноводства, ремесленные изделия, лес, строительные материалы для крепостей, храмов, дворцов, жилищ и, в частности огромные каменные блоки весом до 3 т для постройки пирамид и статуй.

Мореплавание в Египте получило особенно большой прогресс в эпоху завоевания Египта греками-македонцами. Наиболее крупный порт в Александрии был оснащен уникальным маяком высотой 200 м (на о. Фарос). Ночью свет от костра отражался металлическими зеркалами. Недаром фаросский маяк считался одним из 7 чудес света.

Задолго до нашей эры в Египте строили огромные корабли. Один из них, например, имел длину 93 м, а в движение приводился с помощью 200 весел, за которыми сидели свыше 1500 гребцов. Его борта были защищены крепостной стеной с 24 башнями; на носу были укреплены 7 таранов; корма снабжена 4 рулевыми веслами по 15 м длиной; судно было снабжено 4 деревянными и 8 железными якорями. Корабль вмещал 3-тысячное войско.

О понимании египтянами важной роли транспорта говорит также факт первой попытки сооружения ими канала для связи Средиземного моря с Красным, которая относится ко времени Рамзеса II Великого (XVI в. до н.э.). Главной побудительной причиной считают стремление Египта развить торговлю с Аравией, откуда Египет, в частности, получал медь.

Вторая попытка соорудить канал была предпринята около 610–595 гг. до н.э. фараоном Нехао, который, видимо, знал о возможности выхода в Индийский океан. По Геродоту, Нехао нанял финикийских моряков для исследования Африки. Выйдя из Красного моря, они обогнули весь континент и через 2 года прибыли в Египет со стороны Гибралтара. Однако жрецы воспротивились этому, работы остались незавершенными, и только примерно через 100 лет при Дарий I Средиземное и Красное моря были соединены.

Значительную роль в развитии человеческого общества сыграл сухопутный транспорт. Древнее латинское изречение гласит «*Via est vita*» (Дорога есть жизнь. Его можно перефразировать — «*Транспорт есть жизнь*»). Еще в древности наряду с тропинками, по которым груз перемещался носильщиками, на важнейших связях между поселениями, городами, государствами стали

возникать караванные пути. Великий «шелковый путь» длиной 7000 км связывал Дальний Восток с Африкой и Европой.

Крупным шагом прогресса явилось изобретение колеса (примерно в V–IV тысячелетиях до н.э.). Конструкция колес претерпела длительную эволюцию от дисков из толстого бревна до колес со спицами.

Идею колеса следует признать величайшим изобретением человеческого гения, во-первых, потому, что колесо не имеет аналога в природе, и, во-вторых, потому что колесный экипаж в принципе служит человечеству много тысячелетий и остается основой всех видов современного наземного транспорта.

Первые повозки на колесах — колесницы (рис. 1.1), появились за 5 тысяч лет до нашей эры в Западной Азии в степной зоне, где рельеф местности не создавал препятствий для передвижения.

Колеса сначала представляли собой поперечные обрубки круглых бревен, потом сбитые деревянными планками ободья. В дальнейшем колеса стали делать со ступицей и спицами, то есть такими, как мы привыкли их видеть.

После изобретения колеса следующим шагом в развитии сухопутного транспорта было создание искусственных наземных дорог. Опыт показал, что колесные повозки требуют подготовленной поверхности для передвижения, при этом, чем ровнее и тверже поверхность, по которой катится колесо, тем менее усилий требуется для тяги повозки. Чрезмерная крутизна дороги и большие неровности на проезжей части резко затрудняют или полностью исключают применение колесных повозок.

Создание искусственных дорог — выдающееся событие в истории человеческого общества. В отличие от речных и морских путей сообщения, расположение которых предопределено самой природой, искусственные дороги в принципе можно строить в любом направлении и в любую точку суши. Там, где строились сухопутные дороги, государства росли территориально и укреплялись в хозяйственно-политическом отношении. Великое Персидское царство, коренное население которого жило на Иранском нагорье, лишенном судоходных рек в VI в. до нашей эры, захватив Египет,



Рисунок 1.1. Древнегреческая колесница

Вавилон, Малую Азию, часть Закавказья, Средней Азии и Индии, удерживало в своих руках огромную территорию от реки Инд на Востоке до Эгейского моря на Западе.

Управление таким огромным государством было бы невозможно без сети сухопутных дорог. Такая сеть была создана. Основой ее была «Царская дорога» длиной 2400 км от Эфеса на берегу Эгейского моря до города Сузы на берегу Персидского залива, где жил царь Дарий I. Геродот, проехавший по этой дороге, свидетельствует, что примерно через каждые 25 км на ней сооружены станции с различными службами и сооружениями.

Аппиева дорога (лат. *Via Appia*) — самая значимая из античных общественных дорог Рима. Дорога, проложенная в 312 году до н.э. при цензоре Аппии Клавдии Цеке, проходила из Рима в Капую, позднее была проведена до Брундизия. Через неё было налажено сообщение Рима с Грецией, Египтом и Малой Азией (рис. 1.2). Могущество Римской империи, занимавшей большие территории на трех континентах, было обусловлено сооружением сети сухопутных дорог протяженностью около 75000 км.

Все дороги Рима начинались от площади Форума, где стоял «золотой» столб (нулевая точка отсчета расстояний) и расходились на 5 главных направлений. Первое направление — на Азию с переправой через Адриатическое море к Балканскому полуострову и с дальнейшим разветвлением дороги на юг Греции и на северо-восток к Херсонесу и далее. Второе — на Византию и далее на Азию. Третье — на Германию и Британию. Четвертое — на Испанию и пятое — на Африку с переправой через Мессинский пролив в Сицилию и далее на Карфаген, откуда одна ветвь шла на запад по побережью Африки до Гибралтарского пролива, а другая — на восток до



Рисунок 1.2. Дорога в Италии (Аппиева дорога), построенная в 312 году до н.э. и сохранившаяся до наших дней.

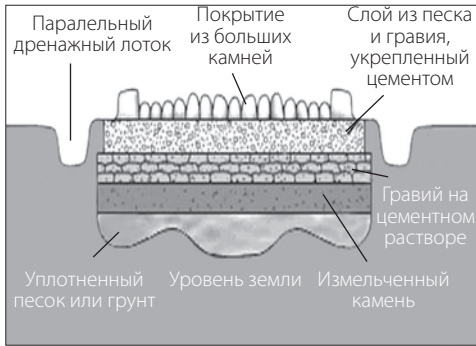
Александрии. При обратном движении все дороги вели в Рим, чем оправдывалось буквальное значение широко известной поговорки (рис. 1.2.1).

Римляне показали высочайший класс искусства в сооружении дорог, достойный удивления и восхищения современных специалистов. Царицей этой сети считалась «Аппиева дорога» — начальный участок магистрали Рим — Африка. Чудом дорожного искусства древних римлян считалась также «Троянова дорога», проложенная по берегу Дуная. В районе «Железных ворот», где Дунай течет в глубоком ущелье, она была вырублена частично в отвесных скалах, а частично висела на мощных деревянных брусках, укрепленных концами в шурфах.

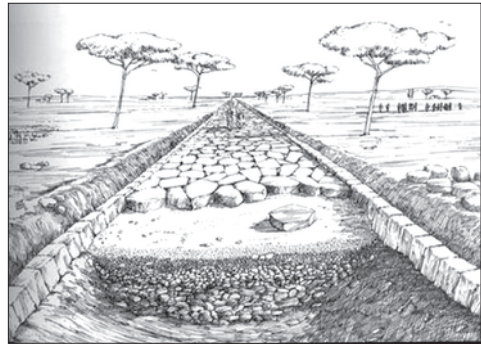
Чтобы построить дорогу Аппиева, было необходимо большое количество различных материалов. Существует противоречие в использовании видов материала. Вecherman пишет; исследование американского Бюро общественных дорог (1934) на нескольких сечениях дороги Аппиева показывает, что она состоит из пяти слоев. Первый состоит из известкового раствора или песка. Второй включает в себя два слоя камней, укрепленных известковым раствором песка или глины. Третий слой состоит из щебня или гравия, смешанных с известковым раствором песка или глины. Четвертый изготовлен из уплотненного гравия и горячей извести. Наконец дорога была вымощена большими базальтовыми камнями. Эту систему слоев можно увидеть на рисунке 1.3.1 а. Кассон пишет, что это совершенно неправильно. Недавнее исследование дорог в целом показало, что не было никакого цемента в Римских дорогах и что они, как правило, сделаны из трех слоев. Там был слой армирующих плоских камней, слой округлых камней



Рисунок 1.2.1. Сеть Римских дорог



а



б

Рисунок 1.3.1. Поперечный разрез «Аппиевой дороги»

в глине, и слой гравия или магматических пород. Эту систему слоев можно увидеть на рисунке 1.3.1 б.

Общая величина покрытия составляла около метра, поэтому римские дороги по праву называли «лежачими стенами». Почти все римские дороги были прямыми, поскольку повозки в то время не имели поворачивающейся передней оси.

Дороги прославили Древний Рим. Дороги — это торговые пути, пути сообщения, которые способствовали развитию Древнего Рима, его культуры и цивилизации. По ним перевозили награбленную в завоеванных странах добычу, перегоняли тысячи рабов. В начале II в. во времена Траяна существовало уже около 100 тыс. километров государственных дорог, преимущественно с твердым покрытием. Они были хорошо обустроены и содержались в отличном эксплуатационном состоянии. На основных дорогах Рима через каждую римскую милю (примерно 1,5 км) устанавливались дорожные знаки. Предусматривались станционные дома-гостиницы и ремонтные службы. Все это способствовало их большой пропускной способности.

Так, по свидетельству современников, император Август мог в течение светового дня проезжать по римским дорогам 185 км, а Тиберий за сутки покрывал расстояние в 350 км. При четкой работе всех служб и быстрой смене лошадей в среднем удавалось проезжать до 300 км в день. Вероятно, большинство дорог Древнего Рима строилось в соответствии с требованиями первых «технических условий», так называемых «12 таблиц», разработанных еще в 450 г. до н.э. Согласно этому документу дороги по ширине делились на следующие части (полосы): семита (*semita*) или пешеходная полоса шириной 30 см, итер (*iter*) — полоса для всадников и пешеходов шириной не более 92 см; актус (*aktus*) — полоса для одноупряжных повозок и экипажей шириной 122 см и двухполосная виа — (*via*) — основная проезжая часть шириной около 244 см. Таким образом, если считать, что семита, итер и актус проходили с обеих сторон дороги, то общая их ширина с учетом двойной виа составляла, приблизительно от 7 до 10 м.

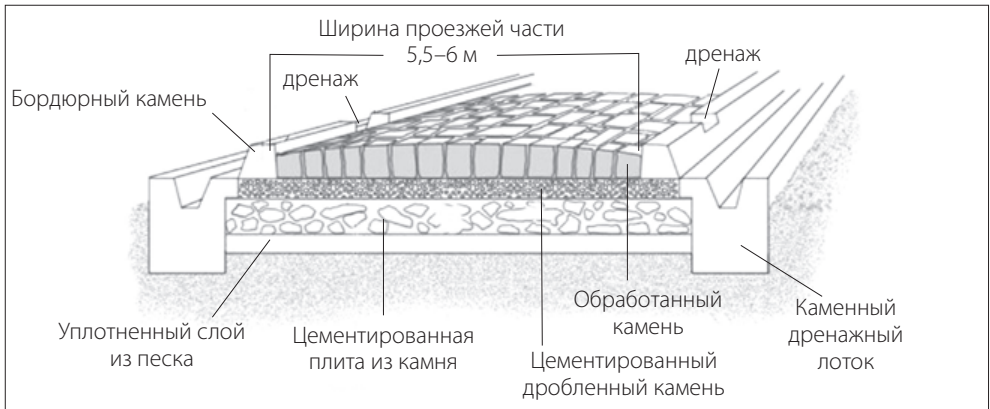


Рисунок 1.3.2. Поперечный разрез «Аппиевой дороги»

В более поздние времена империи этим размерам перестали строго следовать. Первой стратегической дорогой римлян считалась Аппиева, проложенная в 312 г. до н.э. цензором Аппием Клавдием Крассом. Это была наиболее широкая мощеная дорога, соединившая Рим с Капуей. Именно вдоль нее были распяты на крестах 6 тыс. рабов, восставших под предводительством Спартака. Длина Аппиевой дороги составляла 540 км, а ширина 7... 8 м. Как и большинство крупных дорог Древнего Рима, она, невзирая на рельеф местности была на большей части прямая, как луч. Аналогичной была «виа Фламиния» — Великая Северная дорога, построенная приблизительно в 220 г. до н.э. Это была, пожалуй, самая длинная по протяженности дорога, которая шла от Рима к северу Италии через Альпы и далее — по берегу Адриатического моря в Византию.

Считается, что до конца I в. до н.э. почти весь Италийский полуостров был пересечен дорогами, ведущими в Рим. В то время в римских городах была распространена прямоугольная координатная сетка расположения домов с длинными и прямыми улицами. Это не значит, что все улицы были такие. Внутри кварталов улицы, наоборот, были узкими и кривыми, но главные улицы отличались от них. Они нередко имели ширину 12 м, а в отдельных городах, как, например, в Кельне, расстояние между фронтонами зданий достигало 32 м. Основная дорога там с учетом тротуаров имела ширину 22 м, а без учета тротуаров 11–14 м. В пределах города на дорогах обязательно устраивался тротуар шириной от 0,5 до 2,4 м, который отделялся от проезжей части бордюрным камнем высотой около 45 см.

Основание таких дорог обычно дренировалось при помощи специальных водостоков и кюветов, а их поверхность всегда была приподнята над уровнем земли и имела небольшой уклон к периферии. Общая толщина римских дорог составляла от 80 до 130 см, хотя отдельные из них достигали 240 см. Как правило, дороги были многослойными, из четырех-пяти слоев. Нижний слой многих дорог представлял собой основание из каменных плит толщиной 20–30 см, которые

укладывались на хорошо уплотненное земляное полотно через растворную стяжку, с последующим выравниванием их песком. Второй слой толщиной 23 см состоял из бетона (битого камня, уложенного в раствор). Третий слой толщиной тоже 23 см был из мелкогравийного бетона. Оба бетонных слоя тщательно утрамбовывались.

Это была самая сложная и изнуряющая часть работы, которую выполняли в основном рабы и иногда воинские подразделения. Последний, верхний слой дороги покрывался большими каменными блоками площадью 0,6–0,9 м² толщиной около 13 см. Считается, что большая часть Аппиевой дороги сооружена именно так. Таким образом, по данным ряда исследователей, занимавшихся изучением римских дорог, можно констатировать, что обязательным элементом римских дорог являлся слой бетона толщиной около 30 см, который укладывался между каменными плитами основания и каменной брусчаткой верхнего покрытия. Французский инженер М. Флере еще в начале XIX в. описал устройство римской дороги с гравийным покрытием. Грунт, по его сведениям, вырывался на глубину до четырех футов (120 см), после чего дно траншеи тщательно уплотнялось окованными деревянными трамбовками. На дно заливалась известково-песчаная постель толщиной в один дюйм (2,5 см), на которую укладывался слой плоских широких камней. Поверх этих камней снова заливали слой раствора и хорошо уплотняли.

Следующий слой толщиной 9–10 дюймов (23–25 см) состоял из бетона, где крупным заполнителем были камни булыжника и гравия. Помимо них использовали также черепицу и каменные обломки разрушенных зданий. Выше этого слоя укладывался новый слой бетона на более мелких камнях, толщина которого составляла около одного фута (30 см). Последний верхний слой толщиной три-три с половиной фута (90–105 см) состоял из крупного гравия или щебня, который особенно тщательно утрамбовывался в течение нескольких дней. Более дешевые дороги состояли из каменной засыпки толщиной 13 см, перемешанного слоя грунта, известняка и песка толщиной 46 см, слоя уплотненного грунта толщиной около 46 см и верхнего слоя из булыжника и битого камня. Были и другие разновидности дорог.

Так, в Лондоне сохранилась древнеримская дорога с толщиной дорожной одежды 230 см, сделанная полностью из бетона с покрытием из белых черепичных плит. Интересно, что вся бетонная масса дороги заключена между каменными подпорными стенками. В римских дорогах была тщательно продуманная система дренажа, поэтому толстая масса бетона при отрицательных температурах не растрескивалась. Дорожное покрытие не имело температурных швов и было пригодным в основном для мягкого итальянского климата. В северных провинциях Римской империи уже можно было наблюдать трещинообразование, поэтому в более поздний период империи римляне почти прекратили строить дороги с применением бетона.

Трасса римских дорог размечалась с помощью двух параллельно натянутых веревок, которые определяли ее ширину. Прямолинейность обеспечивалась с помощью прибора «грома», хотя чаще для этой цели пользовались более простым, но эффективным способом — с помощью дыма от далеко расположенного костра и какой-либо промежуточной точки. На строительство дорог сгонялось большое количество рабов. Привлекались также воинские части и свободное население. Громадный объем каменных материалов добывался и перерабатывался вручную. При этом большие камни раскаляли на кострах, а затем обливали холодной водой. Большинство римских дорог эксплуатировалось еще в XIX в., а отдельные сохранились до наших дней. Интересно, что римлянам был известен природный асфальт и даже в сочетании с песком и битым камнем, но они не использовали его для одежды верхнего покрытия дорог.

Таким образом, можно отметить достаточно мощную и прочную одежду дорог Древнего Рима, составлявшую от 0,8 до 1,3 м, а в отдельных случаях до 2,4 м. По современным понятиям дороги такого типа выполнены с чрезмерным запасом прочности. К примеру, дорожная одежда современных дорог такого типа для аналогичных климатических условий не превышает 60–70 см, включая морозозащитный слой и слой износа. Конструкция дорог, подобных Аппиевой, может быть применена для самых тяжелых эксплуатационных нагрузок нашего времени, порядка 15 т на ось автомобиля. Недаром эта одна из самых старейших дорог мира, построенная 2300 лет назад, эксплуатируется и поныне.

Римские дороги обладали рядом других достоинств: наличием в отдельных из них специального слоя износа из естественных камней; возможностью приготовления бетона непосредственно на месте работ; широким применением извести, которая ввиду большой растяжимости по сравнению с современным портландцементом дает бетоны повышенной трещиностойкости. И, конечно, одним из основных достоинств римских дорог является их большая долговечность, доказательством чего служит хорошее состояние отдельных из них в наше время. Например, ремонт римских дорог в Испании проводился не чаще, чем один раз в 70–100 лет. По конструктивным особенностям и методам строительства бетонные полы напоминают римские бетонные дороги. Древние авторы, начиная с Варрона (116–27 гг. до н.э.), оставили нам подробное описание бетонных полов, устройство которых они во многом заимствовали у греков.

Дорожное строительство в Риме было дорогое удовольствие. Обновленные строительные оценки Аппиевой дороги в Италии составляет около \$ 2 000 000 за км [4,5]. Старая известная дорога в Великобритании находится рядом с рекой Брю на юго-западе Англии. На самом деле, «Дорога» является 6000-летней дорогой, которая была обнаружена в 1970 году в торфяном болоте. Строительство дороги совпадает с приходом первых фермеров в Великобританию около 4000 г. до н.э.

В отличие от Римской империи в средневековой Европе, расколотой на сотни мелких княжеств, герцогств и графств, не требовалась мощная транспортная сеть. Замкнутые и часто враждующие между собой феодальные государства мало заботились об улучшении дорог. Падение рабовладельческого строя стало концом и римской техники дорожного строительства, которая базировалась на использовании практически неограниченных источников рабского труда. Прокладывать новые дороги в то время могло только местное население, привлекаемое на барщину. В результате стали появляться новые грунтовые дороги облегченной конструкции.

Однако упадок дорожного строительства привел к необходимости значительного усовершенствования колесных экипажей. В XV в. появился новый вид транспортного средства — карета (польское слово от латинского «*carruca*» — четырехколесная повозка) с кожаными боковинами, а затем и застекленная.

В XVII в. карета обрела уже почти все элементы, применяемые в автомобиле: кузов, рессорную подвеску, шкворень передней оси, тормоза, прочные и легкие колеса с надетой на них примитивной металлической, позже — гуттаперчевой шиной.

На протяжении многих веков и тысячелетий основной движущей силой наземного транспорта были сначала быки и ослы, затем лошади и другие крупные домашние животные. Но все время человека не покидало желание найти какой-то иной вид энергии, не подверженный усталости, болезням и чувству голода. Такой энергией поначалу был ветер.

О сухопутном применении паруса сохранилось мало сведений. Однако в одной из летописей говорится, что князь Олег при походе на Царьград (Константинополь) поставил свои лады на колеса.

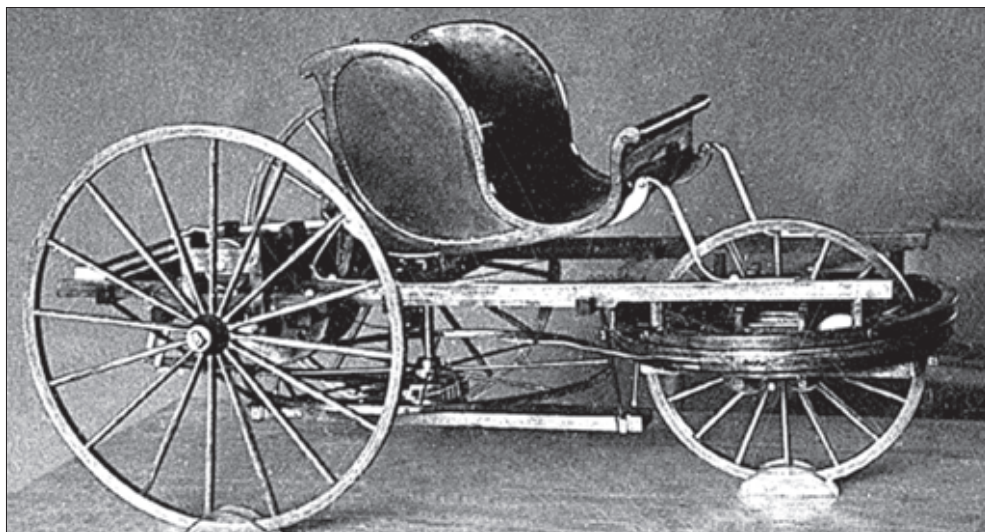


Рисунок 1.4. Самобеглая коляска Кулибина

В России в 1752 году крепостной холоп из Нижегородской губернии Леонтий Шамшуренков сделал «самобеглую коляску». Она приводилась в движение усилиями 2-х человек.

В 1791 году Иван Петрович Кулибин (1735–1818 гг.), земляк Шамшуренкова, создал более современную конструкцию «самобеглой коляски» (рис. 1.4). Он вместо 4-х применил только 3 колеса. Равномерное движение коляски обеспечивал большой маховик, расположенный под рамой коляски. Кроме того, имелась своеобразная коробка скоростей с передвижной ведущей шестеренкой и тормозные устройства на специальных пружинах, плавно останавливающие экипаж. Механизм коляски был настолько остроумен, что позволял совершать довольно быструю езду в гору и медленную с горы. Два человека располагались на сиденьи в открытом кузове в качестве пассажиров, а третий находился сзади, попеременно поднимая ноги, он надавливал приводные рычаги, приводя коляску в движение. Он же и управлял экипажем.

В 1690 г. француз Дени Папен построил паровую машину, состоящую из цилиндра и поршня, которая получила название «атмосферной». Принцип работы машины заключался в том, что на дно цилиндра под поршень наливалась вода, которая подогревалась горелкой. В результате нагрева пар выталкивал поршень вверх. Затем горелка убиралась, а поршень охлаждался холодной водой и под действием атмосферного давления возвращался в нижнее положение. Цикл длился одну минуту. Эта машина оказалась неработоспособной.

Используя идею Папена, английский кузнец Томас Ньюкомен построил «водоотливную машину». Чтобы каждый раз не кипятить под поршнем воду, он соединил трубкой паровой котел и цилиндр. В цилиндр сначала подавался пар из котла, а затем — холодная вода из бочки, которая конденсировала пар.

Иван Ползунов в 1763 году спроектировал первую паровую машину для приведения в действие воздушных мехов на Колывано-Воскресенских заводах, состоящую из 2-х пароатмосферных цилиндров ньюкоменского типа. Построенная в мае 1766 года (сам Ползунов, надорвав свои силы, умер за неделю до пуска машины) она в ноябре того же года была выведена из строя и заброшена.

Машина Ньюкомена была неэкономичной, однако, после усовершенствования в 1784 г. Джеймсом Уаттом — механиком университета в Глазго, паровая машина стала прототипом мирового универсального механического двигателя, преобразовавшего не только производство, но и весь уклад жизни народов. Уатт добавил конденсатор, парораспределитель (золотник) и подачу пара по обе стороны поршня. Он же ввел оценку мощности в лошадиных силах.

Паровая машина позволила создать транспортную самоходную единицу, теоретически любой мощности и независимую от условий погоды. Приспособленная для вращательного движения, она стала основой технического прогресса на всех видах транспорта.



Рисунок 1.5. Паровая повозка Кюньо

В первые в качестве двигателя паровой двигатель был использован французом Никола-Жозефом Кюньо (1715–1804). Его «паровая телега» (рис. 1.5) была изготовлена в 1769 году в мастерских парижского арсенала и предназначалась для транспортировки орудий и другой военной техники. Телега имела 3 колеса, причем переднее колесо было и ведущим и направляющим. Котел подвешивался впереди переднего колеса топкой в сторону движения. Скорость движения повозки доходила до 4 км/ч. Через каждые 15 минут движения повозке требовалось столько же времени для доливки воды и подъема давления пара. «Паровая телега» Кюньо с 1794 года хранится в музее.

В 1801 году Ричард Тревитик построил самодвижущийся пассажирский экипаж «пышущий дьявол», как прозвали его в народе (рис. 1.6). При испытаниях он перевернулся из-за огромных колес (2,5 м в диаметре) и сломался к радости извозчиков и населения. Сам Тревитик больше не возвращался к своей затее, а стал конструировать паровозы. Но его последователи продолжали разрабатывать и запатентовали повозки своей конструкции. Были разработаны более мощные, более легкие и экономичные паровые двигатели для повозок, скорость которых достигала 30 км/ч. На повозках с паровым двигателем начали применять эластичные шины, рулевую трапецию, механизм для вращения колес одной оси с разными оборотами — дифференциал, цепной и даже карданный вал от паровой машины к ведущим колесам.

Вскоре на смену тяжелым и маломощным паровым машинам пришел двигатель внутреннего сгорания (ДВС). Изобретателем ДВС считается французский механик Жак Этьен Ленуар (1822–1900), который в 1860 году построил газовый двигатель.



Рисунок 1.6. Паровой автомобиль Тревитика

Однако французский военный инженер Филипп Лебон создал проект газового двигателя за 60 лет до Лемуара, но реализовать его не смог, так как трагически погиб в 1804 году. Были и другие предшественники Лемуара, однако его заслуга состоит в том, что он построил не опытный экземпляр, а технологичную, пригодную для производства машину, причем как раз в тот момент и в том месте, где в ней была исключительная потребность.

Используя разработки Лемуара, подручный продавца из Кельна Николаус Отто сконструировал экономичный газовый двигатель с КПД, достигающим 15%. Двигатель назвали четырехтактным, так как процесс в нем совершался за четыре хода поршня и соответствовал двум оборотам коленчатого вала. Двигатель в основном использовался в стационарных условиях, так как его масса на 1 кВт достигала 500 кг и требовался большой резервуар для размещения запаса газа.

Наибольший вклад в создание бензинового двигателя, пригодного для использования на транспортных средствах, внесли Г. Даймлер (1834–1900) и В. Майбах (1846–1929). Первый двигатель Даймлера (1882) годился не только для стационарного, но и для транспортного использования. Частота вращения вала двигателя Даймлера была в 4–5 раз больше, чем у газовых двигателей и достигала 900 оборотов в минуту. Значительно уменьшилась масса двигателя.

Еще более экономичный двигатель удалось создать немецкому инженеру Рудольфу Дизелю (1858–1913). В 1893 году им были построены первые образцы двигателя с воспламенением топливной смеси от сжатия, доведенного постепенно до 40 атм. Используя в качестве топлива керосин, двигатель Дизеля достигал КПД 34%.

Большое значение для развития автомобильного транспорта имело создание ирландцем Джоном Бондом Данлопом надежной пневматической шины, которая была запатентована в 1888 году. Позже оказалось, что эдинбургский инженер Роберт Уильям Томсон получил патент на аналогичную пневмашину в 1845 году. Однако Томпсон умер не оставив наследников и его изобретение осталось забытым.

С развитием феодализма были созданы новые условия для развития материального производства и, следовательно, для транспорта. С ростом производительных сил усилилось общественное разделение труда. На определенном этапе вместо городов-крепостей и городов-центров власти и администрации стали расти города-центры ремесла и торговли. Увеличение объема производства, развитие сельского хозяйства обострили потребность в транспорте как для производственных нужд, так и для внешней межгосударственной торговли. В связи с этим во многих странах производились работы по расширению сети речных, морских и сухопутных путей сообщения.

Открытие новых торговых путей и новых стран в XV–XVI веках ускорило процесс разложения феодализма и возникновения капиталистических отношений в Европе. Это время, известное под названием периода великих географических открытий, положило начало колонизации Африки, Азии и Америки.

К концу XVII века были известны пять материков. Последний, шестой континент — Антарктида был открыт русской экспедицией на судах «Восток» и «Мирный» под командованием Ф. Ф. Беллинсгаузена в январе 1820 г.

В XIX веке появился новый вид сухопутного транспорта — железнодорожный. Первая в мире коммерческая железная дорога была построена в Англии в 1825 году под руководством Стефенсона.

В течение всей предшествующей истории транспортные средства (суда, повозки, животные), как правило, принадлежали владельцу груза, осуществлявшему перевозку.

При капитализме, по мере укрупнения предприятий, усложнения техники, технологии и возрастания объемов производства, хозяину предприятия становилось все труднее содержать собственное сложное и дорогостоящее транспортное хозяйство, которое невозможно было всегда интенсивно использовать. В связи с этим вскоре транспорт выделился в самостоятельную отрасль, выполняющую перевозки грузов и пассажиров для любого клиента за определенную плату. Это позволило ускорить процесс формирования самого транспорта и освободить от сложных функций машинное производство.

Таким образом, в условиях капиталистического способа производства транспорт претерпел кардинальные изменения, заключающиеся в применении механического двигателя, расширении сети путей сообщения, выделении транспорта в особую отрасль

производства, дифференциации средств и появлении морского, речного, железнодорожного, автомобильного, трубопроводного, а позднее и воздушного транспорта.

1.2. Общая характеристика транспорта как отрасли материального производства

Термин «транспорт» происходит от латинского слова *«transporto»*, что значит «переносу, перевозу, перемещаю». В этом слове отражена главная суть транспорта — перемещать в пространстве любые вещества, предметы и живые объекты в виде грузов и людей (пассажиры). Однако кроме изначального смысла этот термин стал употребляться в других значениях. Так, в определенном контексте под словом «транспорт» понимают:

1. Отрасль народного хозяйства, имеющую своим назначением перевозку грузов и пассажиров.
2. Комплекс технических средств, обеспечивающих передвижение материальной продукции и людей.
3. Собственно процесс перемещения груза или людей (пассажиры) в пространстве, который чаще обозначается словом «транспортировка».
4. Поток транспортных единиц, движущийся по водному пути (суда), по улице или дороге (автомобили).
5. Отдельную партию груза, следующую в определенный пункт назначения и конкретный адрес.
6. Род человеческой деятельности или специальность.

Транспорту присущи все три непереносимых элемента, которые характерны для любой отрасли материального производства, а именно:

- средства труда, т.е. средства транспорта;
- предметы труда, т.е. объекты перевозки (грузы и пассажиры);
- целесообразная деятельность людей, т.е. труд.

Процесс производства собственно на транспорте — это само продвижение грузов и пассажиров из пунктов отправления в пункты назначения, а готовая продукция транспорта — законченная их перевозка. При этом важно понять, что в отличие от других отраслей материального производства, продукция транспорта вырабатывается и реализуется одновременно и, следовательно, ее невозможно заготовить впрок или резервировать в отличие от продукции материального производства, которую можно выработать и сложить в запас с тем, чтобы потом реализовать ее в период неожиданного сбоя или запланированного снижения текущего производства. С этой точки зрения транспорт представляет более сложную отрасль, чем любое другое материальное производство.

1.3. Роль и значение транспорта

Значение транспорта для страны исключительно велико. Он выполняет важные экономические, социальные, культурные и оборонные функции государства.

Экономическая роль транспорта состоит прежде всего в том, что он является органическим звеном любого производства, специализации и кооперации предприятий, а также служит для доставки всех видов сырья, топлива и продукции из пунктов производства в пункты потребления. Без транспорта немислимо освоение новых районов и природных богатств. Транспорт — важный фактор в экономической интеграции, а так же в международной торговле.

Социальное значение транспорта заключается в обеспечении трудовых и бытовых поездок людей, в облегчении с помощью транспорта их физического труда, в частности при перемещении больших объемов материалов в процессе производства и в быту. Транспорт способствует сохранению здоровья, предоставляя возможность людям пользоваться оздоровительными районами не только ближних, но и отдаленных районов. Он обеспечивает всем людям территориальную доступность курортов с их целебными источниками, а также специальных медицинских центров в столицах и крупных городах.

Культурное значение транспорта весьма велико и многообразно. Это общение между людьми и способ удовлетворения их эстетических потребностей. Транспорт осуществляет доставку газет, журналов, книг и т.д. в населенные пункты, а также дает возможность производить международный обмен. Мощным стимулятором роста культуры является общение широких масс народа с учеными, писателями, художниками, музыкантами, поездки на симпозиумы, конференции, фестивали, выставки и т.п.

Оборонное значение транспорта — это один из важнейших факторов обороноспособности государства. Это переброска войск и вооружения, снабжение, эвакуация людей и материально-технических ресурсов.

Основная задача транспорта — полное удовлетворение потребностей промышленности, сельского хозяйства и населения в перевозках, как по объему, так и по качеству.

Качество перевозок проявляется:

- в обеспечении безопасности движения;
- сокращении сроков доставки грузов и пассажиров;
- соблюдении регулярности перевозок;
- повышении уровня комфорта;
- обеспечении полной сохранности перевозимых грузов;
- достижении более высокой экономичности перевозок.

1.4. Основные термины и понятия транспортной системы

Система в переводе с греческого языка означает целое, состоящее из частей, определенным образом упорядоченное. Под системой понимается определенная совокупность взаимосвязанных элементов, образующих целое, обладающее особенностями, отсутствующими у составляющих ее элементов. Элементы системы взаимодействуют между собой. Связи зависят от типа систем. Любая система состоит из ряда подсистем, каждую из которых можно разделить на ряд элементов.

Транспортная система — это комплекс различных видов транспорта, находящихся во взаимодействии при выполнении перевозок. Термин «*транспортная система*» употребляется применительно к государству, региону или крупному городу. В состав транспортной системы входят следующие виды транспорта: железнодорожный (рельсовый); морской; речной (внутренний водный); автомобильный; воздушный; трубопроводный (включающий нефтепроводы, продуктопроводы для перекачки в основном продуктов нефтепереработки и газопроводы).

Элементами транспортной системы являются также: городской транспорт, представляющий собой комплекс разных видов транспорта (метрополитен, трамвай, троллейбус, автобус и другие), функционирующих обособленно в различных городах; промышленный (производственный) транспорт, к которому относятся все виды транспорта, обслуживающего непосредственно внутренние нужды собственно промышленных, сельскохозяйственных, строительных, торговых и других предприятий и организаций.

«Единая транспортная система» — понятие, подчеркивающее социально-экономическое единство всех видов транспорта.

Транспортная сеть — это совокупность всех путей сообщения, связывающих населенные пункты страны или отдельного региона (железные дороги, автодороги, воздушные и водные пути, трубопроводы). Она характеризует мощность транспорта.

Выделяют транспорт общего и необщего пользования. Транспорт общего пользования — это транспорт, который в соответствии с действующими законоположениями должен осуществлять перевозки грузов и пассажиров независимо от того, кем они были предъявлены: госпредприятиями или учреждениями, общественной организацией, фирмой или частным лицом.

Транспорт необщего пользования — это ведомственный транспорт, выполняющий перевозки только своего ведомства или предприятия. Ведомственный транспорт еще называют промышленным, а небольшие по протяженности пути, например к складам, — подъездными путями. В качестве транспорта необщего пользования служат железные дороги, морской, речной, автомобильный, воздушный, трубопроводный транспорт, а также конвейерный, канатный и ряд других, находящихся в ведении соответствующих нетранспортных министерств, ведомств, предприятий.

Под **магистральным транспортом** понимается:

- *транспорт общего пользования;*
- *пути сообщения, связывающие крупнейшие города и промышленные центры страны или крупного региона. Небольшие ответвления от основных магистралей, несмотря на то, что они входят в состав сети общего пользования, не считаются звеньями магистрального транспорта и обычно именуется линиями местного значения.*

Немагистральным же считается промышленный и городской транспорт.

Универсальный транспорт — это транспорт, способный перевозить практически все грузы, а также пассажиров. Железнодорожный, морской, речной, автомобильный и воздушный транспорт, а также соответствующие виды городского и промышленного транспорта являются универсальными видами транспорта. Современные трубопроводы как магистрального, так и промышленного назначения, а также канатные и конвейерные виды транспорта являются специализированными, хотя отдельные перспективные проекты могут быть приспособлены к транспортированию широкого ассортимента грузов и пассажиров.

Неуниверсальный транспорт — это специализированный или специальный транспорт, предназначенный только для выполнения одного вида перевозок (грузовых или пассажирских) или для перемещения только одного рода груза (сыпучих, жидких).

Дискретный транспорт — это любой транспорт, где предметы перевозки (грузы или пассажиры) перемещаются по линиям единицами или отдельными группами (партиями) с помощью независимо движущихся транспортных единиц (автомобилей, поездов, судов, самолетов и т.п.).

Непрерывный транспорт — это такой транспорт, где предметы перевозки перемещаются в виде непрерывного потока с помощью различного рода гибких линий, шнеков, скребков, эскалаторов, а также трубопроводов. Однако трубопроводы, используемые в качестве направляющих, с движущимися в них отдельными единицами (капсулами, контейнерами, вагонами) относятся к категории дискретного вида транспорта.

«Транспортный процесс» — термин, обозначающий деятельность транспорта, направленную на обеспечение перевозки грузов и пассажиров (этот термин является аналогом понятия «*процесс производства*», принятого в промышленности). Как синоним используется также термин «*перевозочный процесс*», который отражает комплекс операций, выполняемых при доставке грузов и пассажиров из пунктов отправления в пункты назначения.

Каждый вид транспорта выполняет свою функцию с помощью мощного технического оснащения или комплекса технических средств, участвующих в перевозочном процессе.

Средства транспорта делятся на две основные категории:

- *постоянные средства*, включающие собственно путь (дорогу) и стационарные сооружения со всем их оборудованием;
- *подвижной состав*, к которому относятся все активные (самодвижущиеся) и пассивные (прицепные) единицы, непосредственно осуществляющие перемещение грузов и пассажиров (вагоны, баржи, автоприцепы и т.п.). К самодвижущимся единицам относятся локомотивы, речные и морские буксиры, автотягачи, суда, автомобили, самолеты и т.п. Все самоходные единицы, используя энергетическую установку, обладают определенной силой тяги и мощностью для ведения составов из вагонов, барж, автоприцепов с установленной скоростью.

1.5. Техничко-экономические особенности и сферы применения различных видов транспорта

Преимущества железнодорожного транспорта:

1. Возможность прокладки на любой сухопутной территории и даже подводной (Ла-Манш).
2. Обеспечение связи с большинством промышленных и сельскохозяйственных предприятий, имеющих свои железнодорожные подъездные пути.
3. Высокая провозная способность (по однопутной линии можно перевозить 20 млн тонн груза в год, а по двухпутной — до 100 млн тонн в год в одном направлении).
4. Регулярность перевозок независимо от климатических условий и времени суток.
5. Расстояние перевозки по железным дорогам, как правило, меньше, чем расстояние перевозки на водном транспорте.
6. Низкая себестоимость перевозок по сравнению с другими видами транспорта.
7. Более высокая скорость доставки грузов по сравнению с водным транспортом.
8. Большая маневренность в использовании подвижного состава.
9. Меньшее воздействие на окружающую среду по сравнению с автомобильным и воздушным транспортом, особенно при электровозной тяге.
10. Эти особенности определяют железнодорожный транспорт как универсальный для перевозки грузов на дальние и средние расстояния и пассажиров на средние расстояния и в пригородном сообщении. Основной недостаток железнодорожного транспорта — большой расход металла на постройку дорог (примерно 150 тонн на 1 км).

Преимущества автомобильного транспорта:

1. Скорость доставки грузов выше, чем железнодорожным и водным транспортом.
2. Возможность доставки грузов от склада грузоотправителя к складу грузополучателя без перегрузок.
3. Регулярность перевозок при наличии дорог с твердым покрытием.
4. Меньшие капитальные вложения в освоение малого грузопотока на небольших расстояниях, чем на железнодорожном транспорте.
5. Расстояние перевозок меньше, чем железнодорожным и водным транспортом, особенно в горных условиях.

Сфера применения автомобильного транспорта — перевозка грузов и пассажиров на короткие расстояния, а ценных и скоропортящихся грузов — на средние расстояния.

Недостатки автомобильного транспорта: достаточно высокая себестоимость перевозок; высокая степень загрязнения окружающей среды выхлопными газами.

Преимущества речного транспорта:

1. Высокая провозная способность, особенно на глубоководных реках.

2. Низкая себестоимость перевозок.
3. Меньше удельные капитальные затраты и расход металла.

Недостатки: сезонность перевозок, несовпадение направления рек с основными грузопотоками, низкая скорость доставки грузов, расстояния перевозки больше, чем на остальных видах транспорта. Поэтому речной транспорт используется для перевозки массовых грузов на средние и дальние расстояния (лес, песок, щебень, удобрения и т.д.).

Преимущества воздушного транспорта:

1. Возможность перевозки пассажиров и грузов в любом направлении, в том числе и в труднодоступные районы.
2. Большая скорость доставки.
3. Расстояние перевозки меньше, чем на других видах транспорта.
4. Меньше капитальные вложения по сравнению с железнодорожным и автомобильным транспортом.

Недостаток: высокая себестоимость перевозок, большие удельные затраты топлива, зависимость от погодных условий.

Воздушный транспорт в основном применяется при перевозке пассажиров и особо ценных грузов на дальние расстояния и в труднодоступные районы.

Характеристика крупнейших транспортных сооружений мира приведена в таблицах 1.1–1.4.

Таблица 1.1. Крупнейшие железнодорожные тоннели

Название	Длина, м	Кол-во путей	Страна	Железная дорога (участок)	Год ввода в эксплуатацию
Сейкан	53850	2	Япония	Хакодате (о. Хокадо) — Аомори (о. Хонсю)	Строится
Дайсимидзу	22228	2	Япония	Токио — Ниигата (участок Такасаки-Муйка)	1979
Симплонский II	19825	1	Швейцария, Италия	Берн — Милан	1922
Симплонский I	19803	1	Швейцария, Италия	Берн — Милан	1906
Син- Каммон	18713	2	Япония	Симоносеки (о. Хосю) — Китакоюсю (о. Кюсю)	1975
Аппенинский	18519	2	Италия	Болонья–Флоренция	1934
Рокко	16250	2	Япония	Осака–Кобе	1972
Фурка	15400	1	Швейцария	Кур — Бриг	1979

Название	Длина, м	Кол-во путей	Страна	Железная дорога (участок)	Год ввода в эксплуатацию
Северо-муйский	15300	1	Россия	Братск–Комсомольск-на-Амуре	–
Сен-Готард	15003	2	Швейцария	Базель — Милан	1882
Ла-Манш	49000	2	Франция, Англия	–	1994
Ангрен-Пап	19100	1	Узбекистан	Ангрен-Пап	2016

Таблица 1.2. Крупнейшие мосты зарубежных стран

Континент и название моста	Страна, город	Вид препятствия	Назначение	Длина, м	Год построения (рекон-и)
ЕВРОПА					
Тангенциале	Италия, Милан	Городская территория	Городской	8000	–
Эланд	Швеция, Кальмар	Пролив Кальмарсунд	Автомобильный	6070	1972
Палья	Италия, Орвието	Река Палья	Автомобильный	5374	1974
–	Дания и Швеция	Балтийское море	Автомобильно-железнодорожный	13401	1996
АЗИЯ					
Нанкинский	Китай, Нанкин	Река Янцзы	Совмещенный	6772	1969
Патна	Индия, Патна	Река Ганг	Автомобильный	5575	1973
Тхонг-ланг	Вьетнам, Ханой	Река Хонгкха	Совмещенный	5500	1984
АФРИКА					
Картер	Нигерия, Лагос	Лагуна Лагос	Автомобильный	5000	1980
Лоуэр-Замбези	Мозамбик, Сена	Река Замбези	Железнодорожный	3677	1972
СЕВЕРНАЯ АМЕРИКА					
Пончартрейн I	США, Новый Орлеан	Озеро Пончартрейн	Автомобильный	38422	1959
Пончартрейн II	США, Новый Орлеан	Озеро Пончартрейн	Автомобильный	38352	1969
ЮЖНАЯ АМЕРИКА					
Рио-Нитерой	Бразилия, Рио-де-Жанейро и Нитерой	Бухта Гуанабара	Автомобильный	13900	1972

Континент и название моста	Страна, город	Вид препятствия	Назначение	Длина, м	Год постр-ки (рекон-и)
Хенераль-Рафаэль-Урданета	Венесуэла, Маракайбо	Озеро Маракайбо	Автодорожный	8678	1962
АВСТРАЛИЯ					
Брисбен-Редклифф	Австралия, Брисбен	Залив Брамбл	Автодорожный	2760	1979

Самый крупный в мире железнодорожный вокзал — «Гранд Централ Терминал» (Нью-Йорк), построен в 1903–1913 годах. Вокзал имеет «двухуровневую» структуру, занимает площадь 20 га. На верхнем «уровне» имеется 41 путь, на нижнем — 26. В среднем ежедневно им пользуется более 550 поездов и 180 000 пассажиров, причем 3 июля 1947 года здесь побывало рекордное число пассажиров — 252 288 человек.

Таблица 1.3. Важнейшие судоходные каналы

Название (страна)	Длина, км	Ширина, м	Глубина на фарватере, м	Океаны (моря), реки (каналы) или населенные пункты, соединяемые каналом	Год постройки (реконструкции)
Береговой (США)	5580	40–60	2,8–13,0	Бостон (на Атлантическом побережье) — Браунсвил (Мексиканский залив)	1972
Великий (Даюньхэ) (Китай)	1782	40–350	2,0–3,0	Пекин — Восточно-Китайское море	XIII век (1961)
Волго–Балтийский водный путь (Россия)	1110	25–120	4 и более	Река Волга – Балтийское море	1810 (1964)
Нью-Йорк – Стейт-Бардж канал США), в т.ч. Эри-канал	835	37,5	3,6	Озера Эри и Шамплейн — река Гудзон	1918
	540	50	3,6	Озеро Эри — река Гудзон	1925

Таблица 1.4. Крупнейшие автодорожные тоннели

Название	Длина, м	Число полос движения	Страна	Города, соединяемые автодорогой	Год ввода в эксплуатацию
Сен-Готард	16320	2	Швейцария	Цюрих — Милан	1980
Арльберг	13932	2	Австрия	Инсбрук — Цюрих	1978
Фрежюс	12800	2	Франция, Италия	Лион — Турин	1980
Монблан	11600	2	Франция, Италия	Женева — Турин	1980
Канетцу (двухтоннельный)	10885	4	Япония	Токио — Ниигата	1976
Гран-Сассо (двухтоннельный)	10170	4	Италия	Рим — Джулианово	1975

Самой длинной железной дорогой считается Транссибирская магистраль протяженностью 9438 км от Москвы до Находки на Дальнем Востоке. Самые большие в мире залы ожидания — четыре зала на вокзале «Пекин» (Китай), открытые в сентябре 1959 года. Там могут поместиться стоя 14 000 человек. Самая длинная железнодорожная платформа в мире — Кхаргпур, западный Бенгал (Индия), ее длина 833 м.



2. ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫЙ ТРАНСПОРТ

2.1. Краткая историческая справка

Железнодорожный транспорт является сложным многоотраслевым хозяйством, в состав которого входит железная дорога и предприятия, а также административно-хозяйственные, культурно-бытовые и медицинские учреждения. Для выполнения перевозочного процесса железная дорога имеет технические средства. Основу технического оснащения железнодорожного транспорта составляют путь с искусственными сооружениями, станции и другие отдельные пункты с пассажирскими, грузовыми и экипировочными устройствами; подвижной состав; депо; устройства энергоснабжения, включая тяговые подстанции и контактную сеть на электрифицированных линиях; устройства водоснабжения; специальные средства для регулирования.

Таблица 2.1. Эксплуатационная длина железнодорожных путей

Страна	Эксплуатационная длина железнодорожных путей			Плотность ж.-д. путей, км/1000 км ²
	всего, км	в т. ч. электрифицированных		
		км	%	
СССР (1989)	147359	53862	36,6	6,6
США (дороги 1 класса)	205280	1667	0,8	21,9
Франция	34563	12008	34,7	63,5
ФРГ (1987)	30520	11871	38,9	123,0
Япония (1987)	27188	9367	34,5	73,1
Китай	52767	5738	10,9	5,5
Индия	61986	6664	10,8	18,9

2.2. Путь и путевое хозяйство

Железнодорожный путь — это комплекс инженерных сооружений, предназначенный для пропуска по нему поездов с установленной скоростью.

К путевому хозяйству железнодорожного транспорта относятся собственно путь со всеми его сооружениями и устройствами, а также комплекс производственных подразделений и хозяйственных предприятий, предназначенных для обеспечения бесперебойной работы железнодорожного пути и проведения его планово-предупредительных ремонтов.

Удельный вес путевого хозяйства в системе железнодорожного транспорта характеризуется тем, что на его долю приходится более 50% всех основных средств железных дорог и свыше 20% общей численности работников.

Железнодорожный путь состоит из земляного полотна строго определенных размеров в виде насыпи или выемки, на верхнюю поверхность которого помещается балластная призма из щебня, гравия или песка. На нее по определенной эпюре укладываются железобетонные, деревянные или металлические шпалы, затем к ним с помощью особых креплений прикрепляются стальные рельсы. При проектировании и строительстве железнодорожный путь стремятся сделать прямым и горизонтальным, а при невозможности этого — без крутых уклонов в профиле и закруглений в плане. Чем круче уклон пути и чем меньше радиусы кривых, тем больше сопротивление движению.

В разных странах мира железные дороги имеют разную ширину колеи. Железные дороги СНГ и Финляндии имеют ширину колеи, исчисляемую между внутренними гранями головок рельсов, равную 1520 мм. На острове Сахалин ширина колеи в основном составляет 1067 мм. Европейские страны (за исключением Испании и Португалии), а также Канада и США имеют колею 1435 мм. В большинстве стран Южной Америки, в Индии, Испании и Португалии ширина колеи равна 1600, 1667 и 1676 мм. Некоторые страны имеют более узкую колею (до 750 мм). В Японии основная колея — 1067 мм, новые скоростные магистрали — 1435 мм.

Железнодорожный путь состоит из нижнего и верхнего строений. Нижнее строение пути включает земляное полотно (насыпь, выемка, полунасыпь, полувыемка) и искусственные сооружения (мосты, тоннели, трубы, подпорные стены и др.).

К верхнему строению пути относятся балластный слой, шпалы, рельсы, крепления, противоугоны, стрелочные переводы, мостовые и переводные брусья. Мощность верхнего строения пути характеризуется типом рельсов, качеством балласта и толщиной балластного слоя, типом шпал и их количеством на 1 км.

Земляным полотном называется сооружение, служащее основанием для верхнего строения пути. Оно представляет собой комплекс грунтовых сооружений, получаемых в результате обработки земной поверхности и предназначенных для укладки верхнего строения, обеспечения устойчивости пути и защиты его от воздействия атмосферных и грунтовых вод.

Искусственные сооружения устраиваются при пересечении железнодорожными линиями рек, каналов, дорог и других препятствий. К ним относятся мосты, путепроводы, виадуки, эстакады, тоннели, галереи, трубы и другие сооружения.

Мост (рис. 2.1) — искусственное сооружение, устраиваемое над водным пространством. Мост состоит из *пролетных строений*, являющихся основанием для пути, и *опор*, поддерживающих пролетные строения. Береговые опоры моста называются *устоями*, промежуточные — *быками*. Опорами мост разделяется на *пролеты*.

Мосты бывают: *по числу пролетов* — одно-, двух-, трехпролетные и т.д.; *по конструкции пролетного строения* — с ездой понизу, с ездой поверху, с ездой посередине; *по числу главных путей* — одно-, двух- и многопутные; *по материалу* — каменные, металлические, железобетонные, деревянные; *по длине* — малые — до 25 м, средние — от 25 до 100 м, большие — от 100 до 500 м и внеклассные — более 500 м. Около 70% мостов — металлические, срок их службы составляет 80 и более лет.

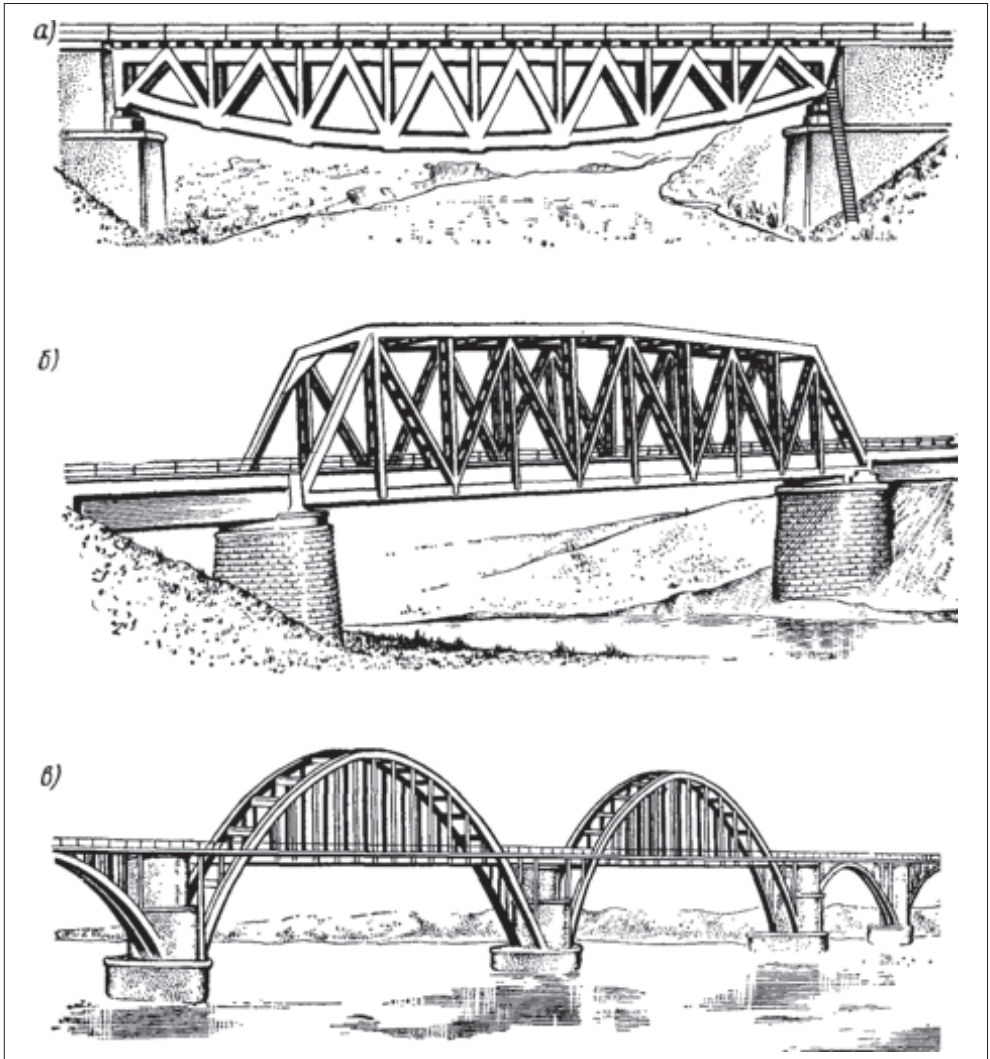


Рисунок 2.1. Мосты с ездой: *а* — *поверху*; *б* — *понизу*; *в* — *посередине*



Рисунок 2.2. Путепровод

Путепроводы строят в местах пересечения железных и автомобильных дорог или двух железнодорожных линий (рис. 2.2).



Рисунок 2.3. Виадук Мийо (le Viaduc de Millau). Шесть центральных пролётов *Viaduc de Millau* имеют длину — 342 м каждый, а два крайних — по 204 м. Максимальная высота дорожного полотна над землёй — 270 м, максимальная высота пилонов — 343 м



Рисунок 2.4. Эстакада

Виадук сооружают вместо высокой обычной насыпи при пересечении железной дорогой глубоких оврагов, ущелий (рис. 2.3).

Эстакады устраивают взамен больших насыпей в городах, где они меньше стесняют улицы и не препятствуют проезду и проходу под ними, а также на подходах к большим мостам через реки с широкими поймами разлива воды (рис. 2.4).

Тоннели служат для прокладки пути под землей (рис. 2.5). По месту расположения они бывают *горные*, *подводные* и *городские* (метрополитены).

Тоннель под Ла-Маншем (фр. tunnel sous la Manche, англ. Channel Tunnel, также иногда просто Euro Tunnel) — железнодорожный двухпутный тоннель, длиной

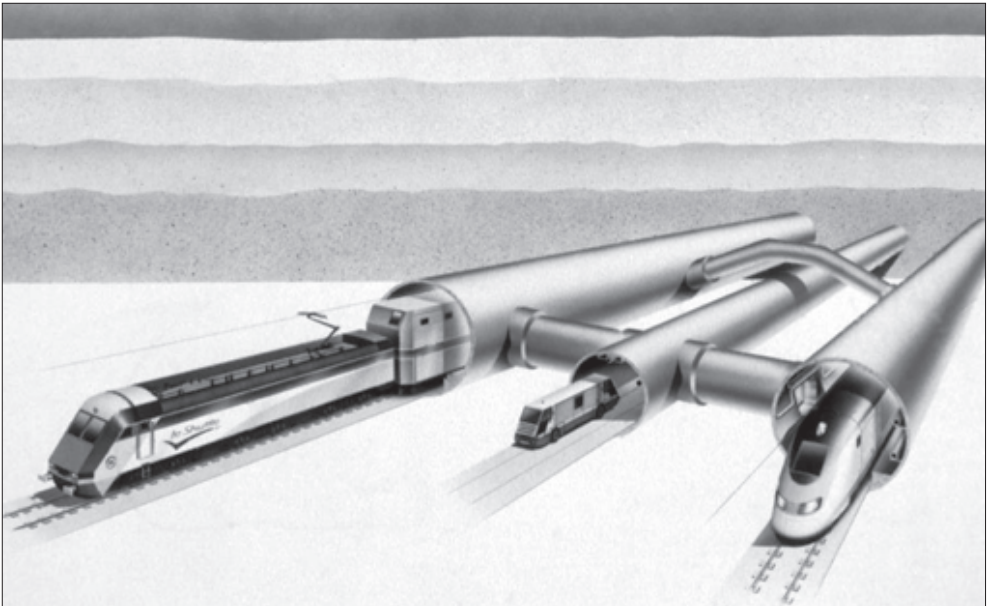


Рисунок 2.5. Тоннель (Евротоннель, тоннель под Ла-Маншем)

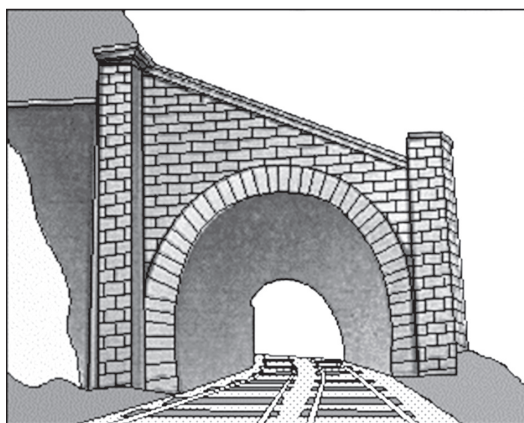


Рисунок 2.6. Противообвальная галерея

около 51 км, из которых 39 км под проливом Ла-Манш. Соединяет континентальную Европу с Великобританией железнодорожным сообщением. Благодаря тоннелю стало возможно посетить Лондон, отправившись из Парижа, всего за 2 часа 15 минут; в самом тоннеле поезда находятся от 20 до 35 минут. Был торжественно открыт 6 мая 1994 года. Евротоннель является третьим по протяжённости железнодорожным тоннелем в мире. Более длинными являются тоннель «Сэйкан» и «Готардский тоннель».

Галереи строят в горах в местах возможных обвалов (рис. 2.6).

Трубы (рис. 2.7) применяют при пересечении железной дорогой небольших водотоков и суходолов. По виду материалов различают каменные, металлические, бетонные и железобетонные трубы. Широкое распространение получили сборные железобетонные трубы из отдельных звеньев, разделенных деформационными швами. Затраты на сооружение и содержание труб значительно меньше, чем мостов. На выходах и входах трубы имеют оголовки, расширяющиеся в направлениях от трубы. Существуют и безоголовочные металлические гофрированные трубы. Они дешевле и легче

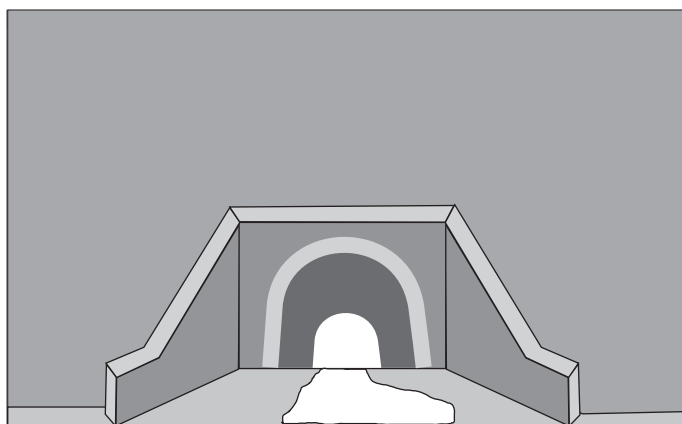


Рисунок 2.7. Труба

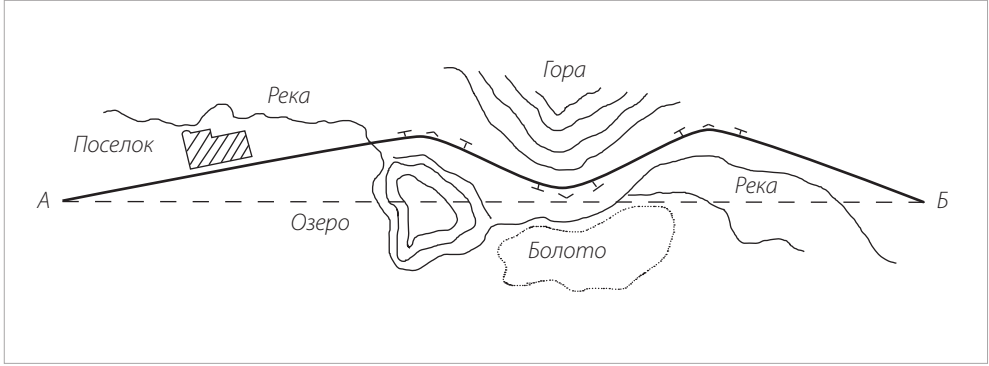


Рисунок 2.8. План железнодорожного пути

железобетонных, не имеют фундамента, что позволяет значительно сократить сроки строительства. С увеличением высоты насыпи возрастает длина трубы и ее стоимость.

Трасса железнодорожной линии характеризует положение в пространстве продольной оси пути на уровне бровок земляного полотна.

План железнодорожного пути (линии) — это проекция трассы на горизонтальную плоскость, состоит из прямых и кривых участков (рис. 2.8). Кривые малого радиуса (500 м и менее) вызывают до радиуса круговой кривой снижение скорости движения, повышенный боковой износ рельсов и колес подвижного состава, удлинение линии, повышают сопротивление движению и ухудшают видимость машинам. Для обеспечения плавного вписывания подвижного состава в круговые кривые они сопрягаются с прямыми участками пути с помощью переходных кривых, радиус которых постепенно уменьшается от R .

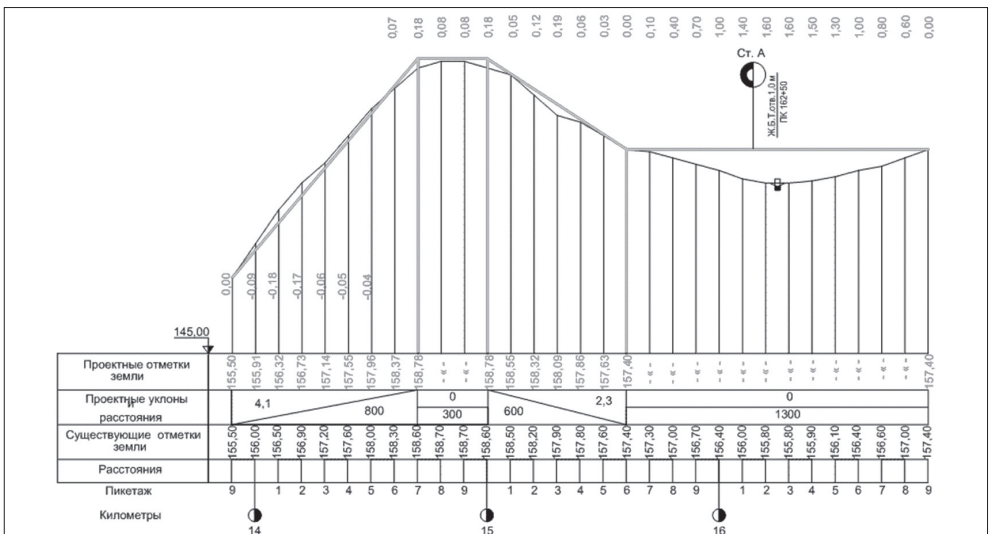


Рисунок 2.9. Продольный профиль

Продольный профиль пути — это развертка трассы на вертикальную плоскость (рис. 2.9). Состоит из горизонтальных и наклонных участков.

Уклон пути — подъем и спуск. Крутизна наклона элементов профиля характеризуется их уклоном, которым называется *отношение разности высот точек по концам элемента к горизонтальному расстоянию между ними*. Уклон пути обозначается числом тысячных долей со знаком %. В зависимости от направления движения поезда каждый наклонный элемент профиля (уклон) будет или подъемом, или спуском.

Горизонтальные элементы профиля называются *площадками*.

Руководящий уклон — наибольший подъем на участке, по величине которого устанавливается масса поезда.

Продольный профиль характеризуется крутизной уклонов элементов и их длиной.

Типовые профили в свою очередь делятся на *нормальные* и *специальные*. Нормальные профили применяются при сооружении земляного полотна на надежном основании из обычных грунтов. Специальные профили используются в специфических условиях: вечная мерзлота, подвижные пески, скальные грунты, болота и т.п. Индивидуальные профили применяются в сложных топографических, геологических и климатических условиях и при высоте откосов более 12 м. При этом все размеры обосновываются конкретными расчетами. Отвод поверхностных вод от насыпей, возводимых из привозного грунта, осуществляется продольными водоотводными канавами шириной по дну и глубиной не менее 0,6 м, которые при поперечном уклоне местности до 0,04 устраиваются с обеих сторон, а при большем уклоне — только с нагорной (верхней) стороны.

Если насыпь возводится из местного грунта, взятого рядом с насыпью, то для отвода воды от полотна используются образовавшиеся при этом спланированные углубления, называемые *резервами*. Дну резервов и водоотводных канав придают продольный уклон не менее 2‰. Полоса земли от подошвы откоса до водоотводной канавы или резерва называется *бермой*. Со стороны будущего второго пути на однопутных линиях ширина бермы должна быть не менее 7,1 м, а с противоположной стороны — не менее 3,0 м. Для отвода воды от насыпи берма имеет уклон, равный 0,02–0,04. Поперечный профиль насыпи приведен на рисунке 2.10.

Основная площадка выемки имеет те же размеры, что и при насыпи. С каждой стороны основной площадки земляного полотна в выемке для отвода воды устраиваются продольные канавы, называемые *кюветами*. Их глубина — не менее 0,6 м, ширина по дну — не менее 0,4 м и продольный уклон дна — не менее 0,002. Поперечный профиль выемки приведен на рисунке 2.11.

Вынутый при сооружении выемки грунт, не используемый для сооружения насыпи в другом месте, укладывается за откосом выемки с нагорной стороны в правильные призмы, называемые *кавальерами*. Для перехвата и отвода притекающих к выемке поверхностных вод за кавальерами строятся *нагорные канавы*, а на полосе между кавальером и бровкой откоса выемки отсыпается *банкет* с поперечным уклоном 0,02–0,04 в сторону от откоса для отвода воды в *забан-*

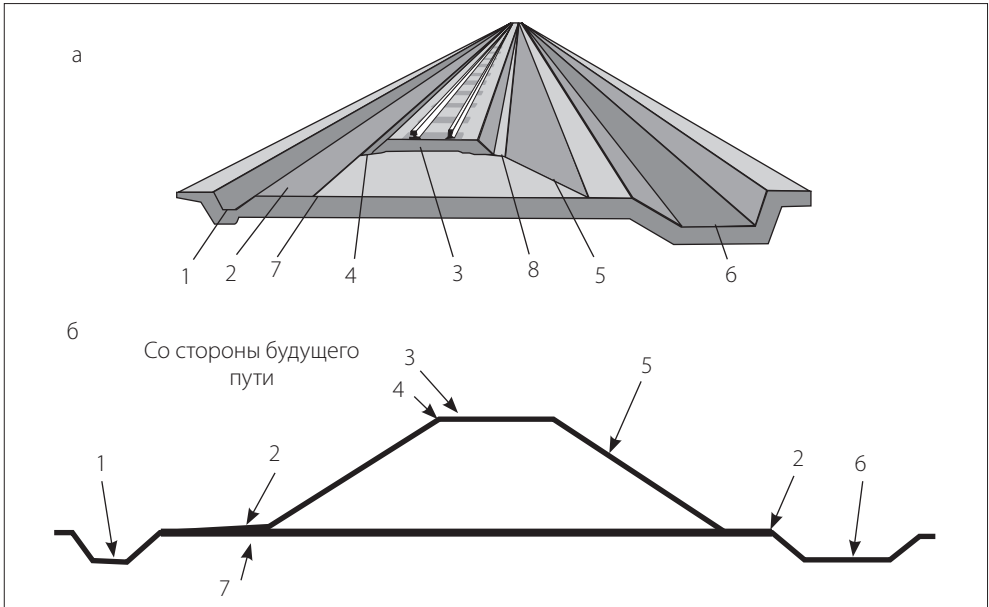


Рисунок 2.10. Поперечный профиль насыпи. *Насыпь (а) и ее типовой поперечный профиль (б), размеры приведены в метрах: 1 — водоотводная канава; 2 — берма; 3 — основная площадка; 4 — бровка земляного полотна; 5 — откос; 6 — резерв; 7 — подошва насыпи; 8 — обочина; h — расстояние от бровки земляного полотна до подошвы насыпи; l — длина горизонтальной проекции откоса насыпи; $1:n$ — крутизна откоса насыпи*

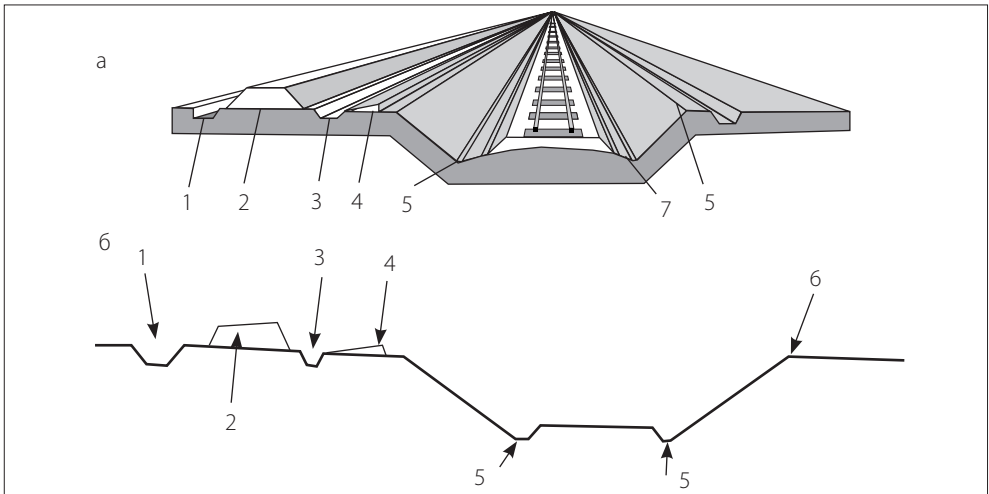


Рисунок 2.11. Поперечный профиль выемки. *Выемка (а) и ее типовой поперечный профиль (б) (размеры приведены в метрах): 1 — нагорная канава; 2 — кавальер; 3 — забанкетная канава; 4 — банкет; 5 — кювет; 6 — бровка откоса; 7 — обочина; $воп$ — ширина основной площадки земляного полотна*

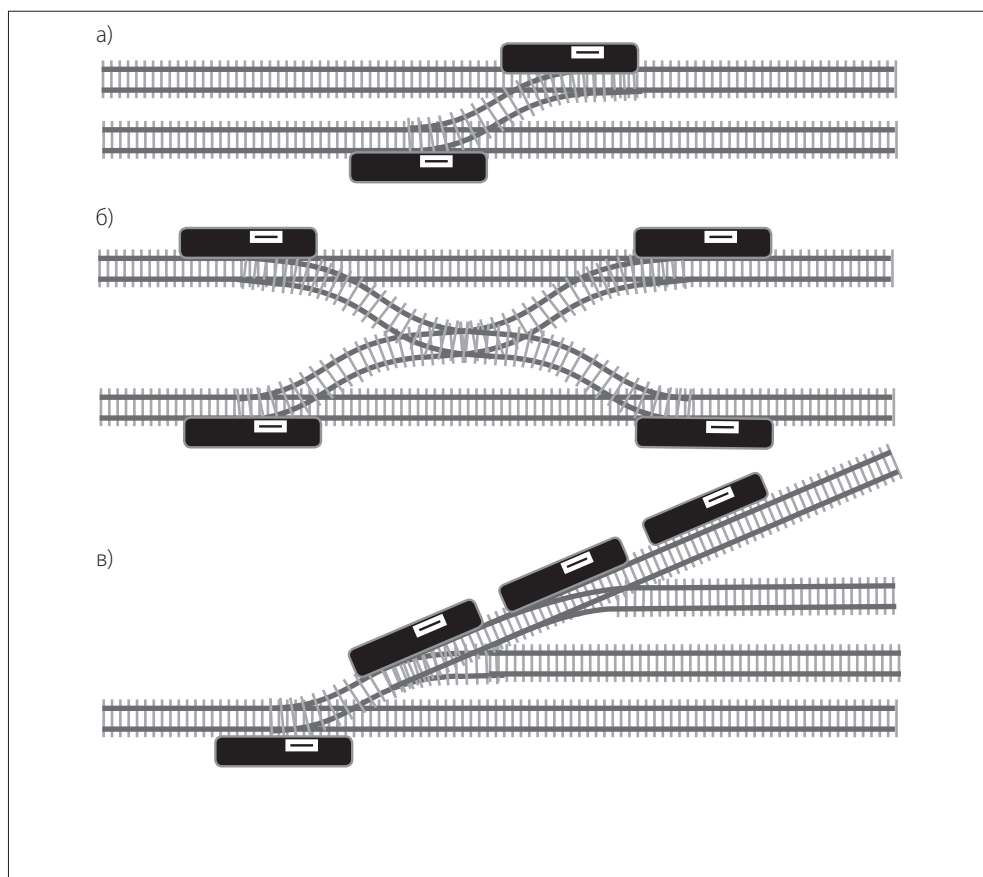


Рисунок 2.12. Расположение стрелочных переводов: а — обыкновенный съезд; б — перекрестный съезд; в — стрелочная улица.

кетную канаву. В неустойчивых грунтах, а также в стесненных условиях вместо водоотводных канав и кюветов устраиваются *лотки* (железобетонные, бетонные, каменные или деревянные).

Стрелочная улица — путь, на котором последовательно расположены стрелочные переводы, ведущие на параллельные пути. Улица позволяет перемещать подвижной состав на любой из соединяемых путей. Стрелочные улицы объединяют группы путей одного назначения в парки. Переход подвижного состава с одного пути на другой обеспечивают устройства по соединению и пересечению путей, относящиеся к их верхнему строению. Соединение путей друг с другом осуществляют стрелочными переводами, а пересечение путей — глухими пересечениями. Применяя стрелочные переводы и глухие пересечения, создают соединения путей, называемые стрелочными улицами и съездами (рис. 2.12).

Для соединения путей в стесненных условиях, а также для уменьшения длины маневровых передвижений применяют сокращенные стрелочные улицы; улицы

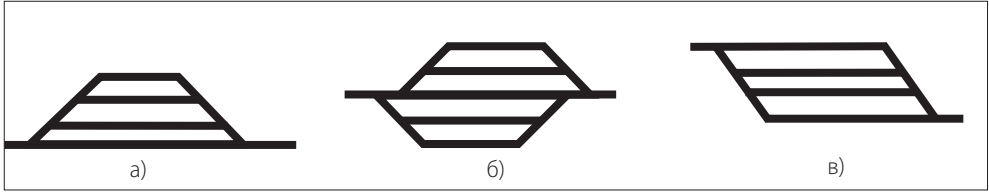


Рисунок 2.13. Конфигурации парков путей: а — трапеция; б — рыбка; в — параллелограмм

под углом, больше угла крестовины и другие приемы. Группы станционных путей, предназначенные для выполнения одних и тех же операций, называются парком. По своему назначению они делятся на парки приема поездов, парки отправления поездов, на сортировочные, технические и т.д. По конфигурации парки бывают различных видов (рис. 2.13).

На станциях используются радиусы кривых 180; 200; 250; 300 м. У станционных путей различают полную и полезную длину. *Полной* называется длина пути, включающая и длину стрелочных переводов, ограничивающих данный путь. *Полезной* длиной считается часть станционного пути, в пределах которой может находиться подвижной состав, не нарушая безопасности движения по соседним путям.

Полезная длина приемо-отправочных путей стандартная и может быть 850; 1050; 1250; 1550; 1700; 2000 м. Она измеряется между выходным сигналом с пути и предельным столбиком.

Каждому пути и каждому стрелочному переводу присваивается номер. Главные пути нумеруются римскими цифрами (I, II, III и т.д.), а станционные — арабскими (1, 2, 3 и т.д.). Стрелочные переводы со стороны прибытия четных поездов нумеруются четными арабскими цифрами (2, 4, 6 и т.д.), а со стороны прибытия нечетных поездов — нечетными арабскими цифрами (1, 3, 5 и т.д.). Границей между четной и нечетной сторонами станции или парка путей при нумерации стрелочных переводов является ось пассажирского здания или ось парка, перпендикулярная путям.

Конструкция колеи и ее элементы. Путевое хозяйство составляет одну из важнейших отраслей железнодорожного транспорта от которого существенно зависит осуществление перевозочного процесса.

Путевое хозяйство *включает* собственно железнодорожный путь и комплекс хозяйственных предприятий и производственных подразделов, предназначенных для обеспечения нормальной работы железнодорожных путей и проведения планово предупредительных ремонтов.

Железнодорожный путь — это такой путь, по которому колеса локомотивов и вагонов двигаются по специальным рельсам. Колеса удерживаются на рельсах с помощью «гребней». От состояния колеи зависит непрерывность и безопасность движения поездов, а также эффективное использование всех технических средств железных дорог.

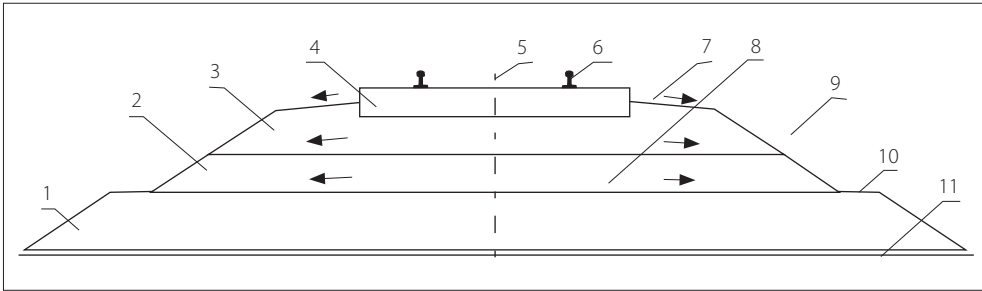


Рисунок 2.14. Схема конструкции железнодорожного пути: 1 — земляное полотно (основная площадка); 2 — подушка (нижняя часть балластной призмы); 3 — щебеночная балластная призма; 4 — шпала; 5 — ось железнодорожного пути; 6 — рельс; 7 — плечо балластной призмы для обеспечения устойчивости рельсо-шпальной клетки; 8 — поверхность сливной призмы; 9 — заложение откосов; 10 — обочина; 11 — основание — подошва земляного полотна

Железнодорожный путь состоит из:

1. Верхнего строения.
2. Нижнего строения.

К верхнему строению относят рельсы, рельсовые скрепления, противоугонные устройства, шпалы, балластный слой, стрелочные переводы и др.

Выделяют следующие виды верхнего строения: 1) лежащие на земляном полотне; 2) мостовое верхнее строение; 3) тоннельное верхнее строение.

К нижнему строению относят: 1) земляное полотно (в виде насыпей, выемок); 2) мосты; 3) тоннели.

Поперечное сечение колеи можно представить в виде схемы (рис. 2.14).

Площадка, на которой размещено верхнее строение, называется *основной площадкой*. Её всегда выполняют выпуклой в виде трапеции (высотой $h = 0,15$ м), или треугольника (высотой $h = 0,2$ м). Трапецию (треугольник) называют сливной призмой. Выпуклая поверхность основной площадки обеспечивает сброс воды из тела насыпи.

Ширина основной площадки для однопутной колеи — 7 м. В пределах основной площадки размещается верхнее строение.

Расстояние от бровки основной площадки к подошве откоса балластной призмы называется *обочиной*. Ширина обочины составляет 0,4–0,7 м. Обочины предназначены для безопасного прохода путевого обходчика, а также для размещения материалов и инструментов.

Для устройства балластной призмы используют: природные каменные материалы из горных пород (щебень, песок), щебень из кислых металлургических шлаков. Размер фракций щебня 25–60 мм и 5–25 мм. Расстояние между осями рельсов называется *колеей*.

Размер колеи в странах СНГ с 1970 г. — 1520 мм; в Канаде, Мексике, США и странах Западной Европы — 1435 мм; в Японии — 1067 мм, а в Индии — 1000 мм.

Железные дороги с шириной колеи 1435 мм и больше называют ширококолейными, другие — узкоколейными. В пределах балластной призмы располагаются рельсовые опоры — шпалы. Шпалы могут быть железобетонными и деревянными. Длина шпалы составляет 2750 мм, а для особенно грузонапряженных участков — 2800 мм. Схема размещения (шаг) шпал на колее называется эпюрой шпал. Железобетонные шпалы используют в СНГ из 1956 г. Срок службы их — 40–60 лет.

Наиболее дорогим и ответственным элементом верхнего строения являются рельсы. Форма рельса напоминает форму двутавровой балки. Рельсы разделяют на марки: Р-43 (Р — рельс, «43» — масса 1 пог. м рельса); Р-50; Р-65; Р-75.

Длина рельса в разных странах изменяется от 16 до 60 м. Длина стандартного рельса в странах СНГ — 25 м. На концах рельсов есть круглые отверстия для их скрепления.

Рельсы соединяют между собой накладками с помощью болтов. На стыках обоих рельсов делается зазор для компенсации температурного расширения.

Для повышения комфорта езды пассажиров используют «бархатные» колеи. Стандартные рельсы сваривают длиной до 800 м. Таким образом образуют бесстыковую колею.

2.3. Габариты на железнодорожном транспорте

Для обеспечения безопасного и бесперебойного движения поездов на железнодорожном транспорте установлены определенные требования в отношении размеров подвижного состава, а также сооружений и устройств, расположенных вблизи пути. Различают три основных вида габаритов: габарит подвижного состава — Т, габарит приближения строений — С, габарит погрузки — П (рис. 2.15).

Габаритом подвижного состава (Т) называется предельное поперечное (перпендикулярное оси пути) очертание, в котором должен помещаться установленный на прямом горизонтальном пути как в порожнем, так и груженом состоянии не только новый подвижной состав, но и подвижной состав, имеющий максимальные нормированные допуски и износы (за исключением бокового наклона на рессорах).

ГОСТом установлены габариты подвижного состава 1-Т и Т для железных дорог СНГ и Монголии и 1-ВМ, 0-ВМ, 02-ВМ и 03-ВМ — для подвижного состава, обращающегося по железным дорогам СНГ и дорогам зарубежных стран колеи 1435 мм.

Габаритом приближения строений (С) называется предельное поперечное очертание, внутрь которого, помимо подвижного состава, не должны заходить никакие части сооружений и устройств.

Габаритом погрузки (П) называется предельное поперечное (перпендикулярное оси пути) очертание, в котором не выходя наружу должен размещаться груз на открытом подвижном составе, при нахождении его на прямом горизонтальном пути.

Негабаритность может быть боковой, верхней и нижней, а также одно- и двусторонней. Негабаритность называется нижней, если груз выходит за габарит погрузки

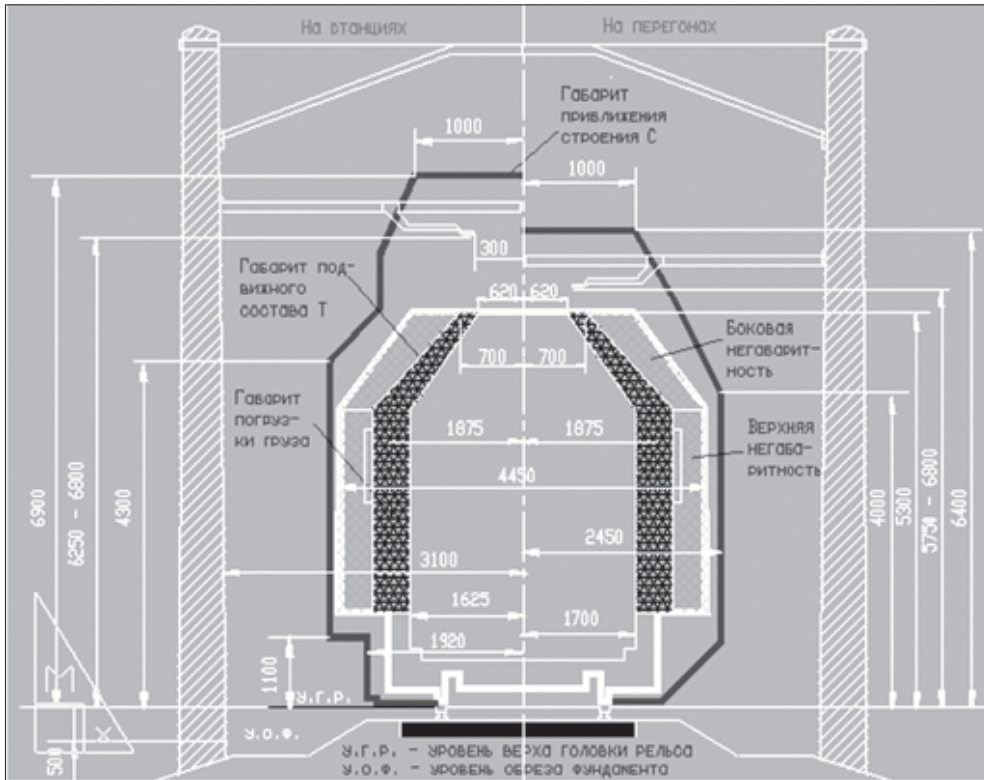


Рисунок 2.15. Основные габаритные размеры

в пределах высоты 1230 мм от уровня головки рельсов, боковой — на высоте от 1230 до 4000 мм, верхней — на высоте от 4000 до 5300 мм. Верхняя негабаритность бывает трех степеней, боковая и нижняя — шести степеней. Негабаритные грузы перевозятся при соблюдении специальных условий предосторожности.

2.4. Раздельные пункты

Для пропуска заданного числа поездов по участку и обеспечения безопасности движения поездов железнодорожные линии делятся на перегоны или блок-участки раздельными пунктами.

К раздельным пунктам относятся разъезды, обгонные пункты и путевые посты, проходные светофоры при автоблокировке и станции. Разъезды — это раздельные пункты на однопутных линиях, имеющие путевое развитие для скрещения и обгона поездов. Разъезды бывают поперечного, полупродольного и продольного типов (рис. 2.16.).

Внешний вид разъезда поперечного типа приведен на рисунке 2.17.

Обгонным пунктом называется раздельный пункт на двухпутных линиях, предназначенный для обгона поездов, перевода поезда с одного главного пути на

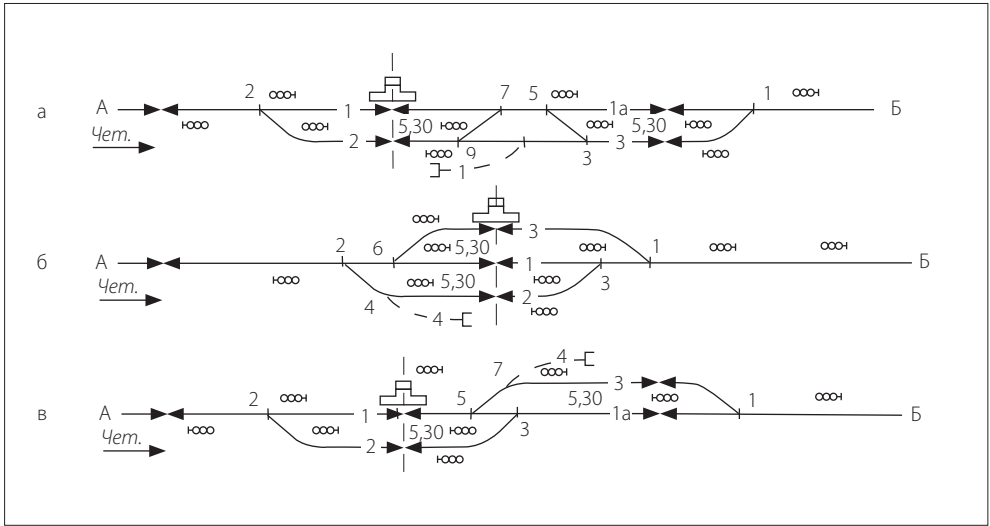


Рисунок 2.16. Схемы разъездов с продольным (а), полупродольным (б) и поперечным (в) расположением путей: 1 и 1а — главные пути; 2 и 3 — приемоотправочные пути; 4 — путь для погрузки-выгрузки грузов и стоянки вагонов; 1–11 номера стрелочных переводов; 5,30 — междупутные расстояния, м

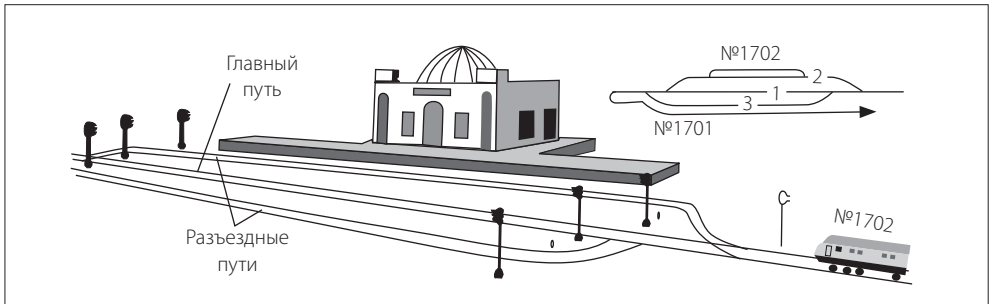


Рисунок 2.17. Разъезд поперечного типа в путях

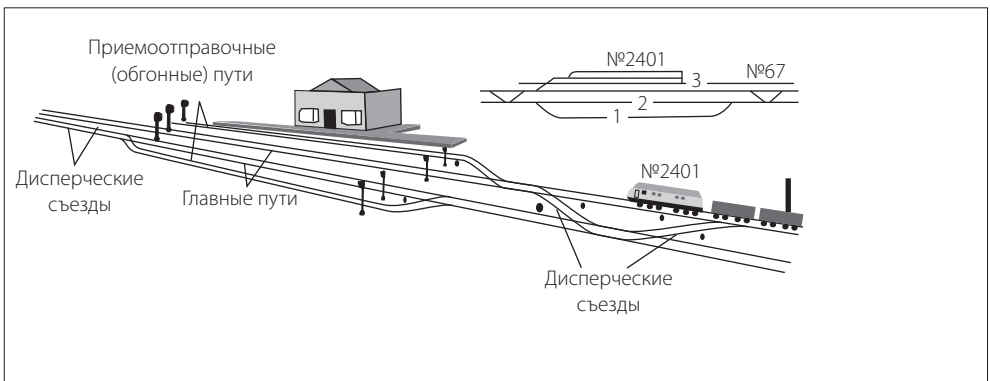


Рис. 2.18. Обгонный пункт

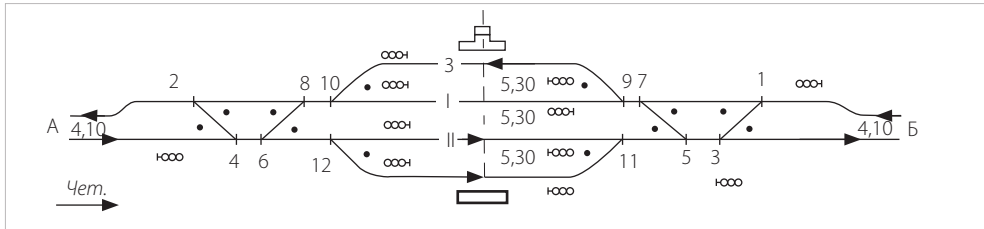


Рис. 2.19. Схема обгонного пункта с поперечным расположением путей:
I и II — главные пути; 3 и 4 — приемоправочные пути; 1–13, 15, 17, 19 — номера стрелочных переводов, $L_{пл}$ — длина станционной площадки; 4,10 и 5,30 — междупутные расстояния, м

другой (рис. 2.18). Также на обгонных пунктах осуществляются посадка-высадка пассажиров, а в некоторых случаях грузовые операции в небольших объемах.

Для осуществления перечисленных операций на обгонных пунктах имеются:

- главные пути;
- приемоправочные пути (по одному в каждом направлении);
- диспетчерские съезды (укладываются в горловинах между главными путями стрелочными переводами марки не круче 1/11) для перевода поездов с одного главного пути на другой;
- пассажирские устройства — пассажирское здание или павильон, платформы и переходы между ними;
- служебное здание;
- стрелочные посты;
- устройства СЦБ и связи, освещения и контактной сети (на электрифицированных линиях).

Различают обгонные пункты четырех типов:

- с поперечным расположением приемоправочных путей (рис. 2.19);
- с полупродольным расположением приемоправочных путей;
- с продольным расположением приемоправочных путей;
- с последовательным расположением пассажирских устройств и путей для грузового движения.

Схема с поперечным расположением обгонных путей является основной для применения на двухпутных линиях. Полупродольное расположение обгонных путей применяется в случае, когда необходимо облегчить трогание поезда с места и разгон, а продольное, кроме того, — на линиях скоростного движения пассажирских поездов.

Путевые посты — это отдельные пункты без путевого развития, предназначенные для регулирования движения поездов (блок-посты при полуавтоблокировке (ПАБ), посты примыкания на однопутном перегоне и т.п.). Эту же функцию на участках, оборудованных автоблокировкой (АБ), выполняют проходные

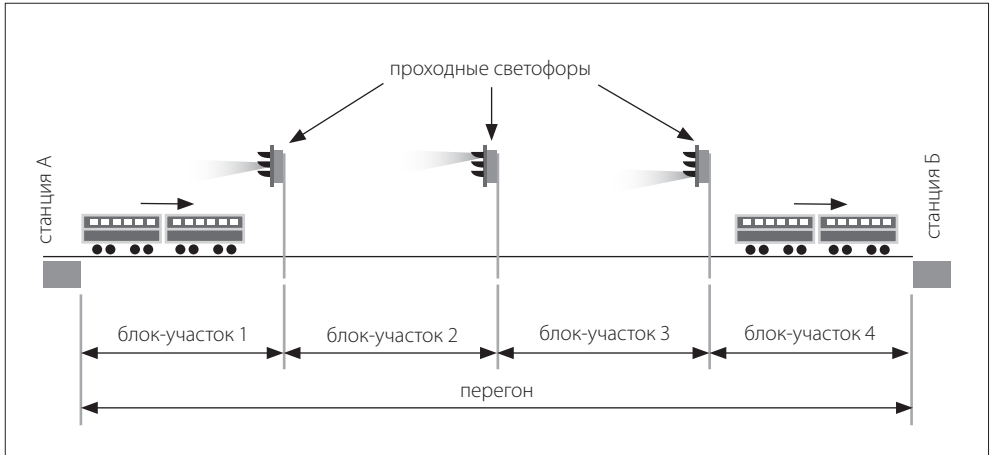


Рисунок 2.20. Расположение поездов на участке, оборудованном автоблокировкой.

светофоры (рис. 2.20), а при оборудовании участка автоматической локомотивной сигнализацией (АЛС) — обозначенные границы блок-участков.

Станциями называются отдельные пункты, имеющие путевое развитие, позволяющее выполнять операции по приему, отправлению, скрещению и обгону поездов, по приему, выдаче багажа и обслуживанию пассажиров, погрузке и выгрузке грузов, а при развитых путевых устройствах — маневровую работу по расформированию и формированию поездов и технические операции с ними.

В зависимости от своего назначения и характера работы станции делятся на *промежуточные* (III–V классов), *участковые* (I–II классов), *сортировочные* (I класса и внеклассные), *грузовые* (внеклассные, I–III классов), *пассажирские* (внеклассные, I–III классов), *пассажирские-технические*.

Станции, к которым примыкают не менее трех магистральных направлений, называются *узловыми*.

При проектировании станций должны быть соблюдены следующие основные принципы: безусловное обеспечение безопасности движения; реализация потребной пропускной способности; соблюдение комплексности проекта, т.е. учет интересов не только железнодорожного транспорта, но и других отраслей народного хозяйства, населенного пункта, других видов транспорта; выполнение требований охраны окружающей среды; выбор наиболее экономичного решения; обеспечение возможности дальнейшего развития.

Раздельные пункты должны располагаться на прямых горизонтальных участках пути. Допускается уклон пути 1,5 ‰, в особо трудных условиях — до 2,5 ‰, в горных условиях — до 8 ‰, но с проверкой возможности трогания состава с места.

Железнодорожные пути на раздельных пунктах подразделяются на станционные и специального назначения. К станционным путям относятся пути в границах станции:

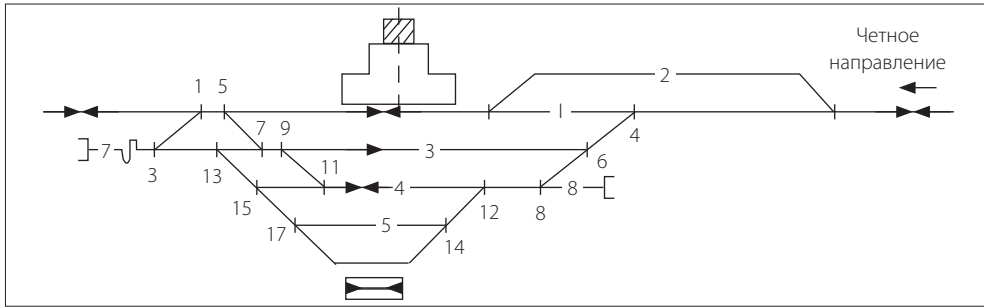


Рисунок 2.21. Схема промежуточной станции с полупродольным расположением путей: 1 — главный; 2–4 — приемо-отправочные; 5 — выставочный; 6 — погрузочно-выгрузочный; 7 — вытяжной; 8 — предохранительный тупик; $L_{пл}$ — длина станционной площадки

главные, приемо-отправочные, сортировочные, вытяжные, погрузочно-выгрузочные, деповские (локомотивное и вагонное хозяйство), соединительные, а также прочие пути.

Главным путем называется станционный путь, являющийся продолжением перегонного пути.

К *путям специального назначения* относят предохранительные и улавливающие тупики и подъездные пути к промышленным предприятиям.

Предохранительные тупики предназначены для предупреждения выхода подвижного состава на маршруты следования поездов.

Улавливающие тупики предназначены для остановки потерявшего управление поезда или части поезда при движении по затяжному спуску, расположенному на примыкающем к станции перегоне.

Промежуточные станции бывают поперечного, полупродольного (рис. 2.21) и продольного типов и устраиваются как на однопутных, так и на двухпутных линиях. Кроме обгона и скрещения поездов на них выполняются следующие операции:

- посадка, высадка пассажиров, продажа билетов, прием багажа и почты, погрузка, выгрузка и хранение их;
- прием грузов, погрузка в вагоны, выгрузка, хранение и выдача грузов;
- маневровые операции по отцепке вагонов от сборных поездов, расстановка у погрузочно-выгрузочных фронтов, сборка вагонов и прицепка к сборному поезду;
- оформление документов на перевозку грузов;
- обслуживание подъездных путей;
- формирование отправительских маршрутов или групп вагонов для ступенчатых маршрутов при большом грузообороте;
- отстой составов пригородных поездов на зонных станциях.

Маневровая работа на промежуточных станциях производится или локомотивом сборного поезда, или специальным маневровым локомотивом станции.

Маневровая работа — это передвижение локомотивов с вагонами или без них по станционным путям при расформировании и формировании поездов, отцепке, прицепке вагонов к поездам, перестановке вагонов из парка в парк, подаче вагонов на погрузочно-выгрузочных путях (фронтах), расстановка там вагонов и их уборка.

Маневры могут производиться *локомотивами, маневровыми лебедками и специальными тягачами*, а также с использованием силы тяжести самих вагонов. Для производства маневровой работы на станциях устраиваются вытяжные пути, полугорки, сортировочные горки и сортировочные пути или парки.

Маневровая работа, выполняемая с помощью локомотивов, представляет собой совокупность передвижений локомотивов с вагонами или без вагонов с одного пути на другой с переменной направления (совокупность полурейсов и рейсов).

Выполняют маневровую работу составительская и локомотивная бригады.

Участковые станции. Для организации и обслуживания поездов и работы локомотивных бригад, технического осмотра, экипировки и ремонта подвижного состава, расформирования и формирования сборных и участковых поездов железнодорожные линии делятся на участки, на границах которых размещаются участковые станции. Размещение участковых станций на железнодорожных линиях зависит от вида тяги, способа обслуживания поездов локомотивами и локомотивными бригадами.

Участковые станции предназначены для выполнения следующей работы: приема и отправления транзитных пассажирских и грузовых поездов со сменой локомотивов и локомотивных бригад или со сменой только локомотивных бригад; технического и коммерческого осмотров вагонов; расформирования и формирования составов сборных и участковых поездов; технического осмотра, экипировки и осмотра локомотивов; ремонта вагонов (безотцепочного и отцепочного); обслу-

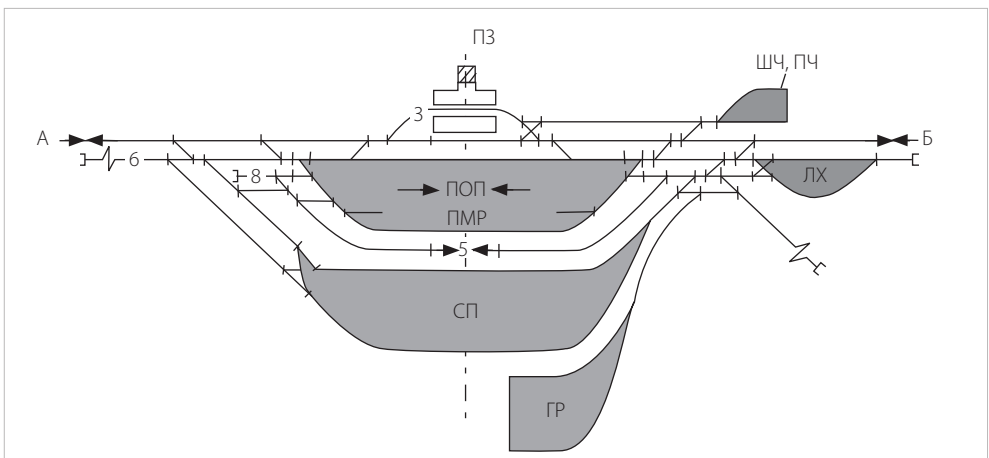


Рисунок 2.22. Схема участковой станции поперечного типа на однопутной линии

живания пассажиров, приема и выдачи багажа и почты; погрузки и выгрузки грузов в грузовом районе; обслуживания подъездных путей промышленных предприятий.

Для выполнения перечисленных видов работ участковые станции имеют устройства для пассажирского движения и обслуживания пассажиров, пути для грузового движения, грузовые дворы (ГД), локомотивное и вагонное хозяйства и другие устройства. Схема участковой станции приведена на рисунке 2.22.

Устройства для пассажирского движения включают пассажирские здания, платформы, тоннели, пешеходные мосты, почтовые и багажные помещения, приемо-отправочные (перронные) пути, а также пути стоянки составов местных пассажирских поездов, имеющих оборот на данной станции.

В состав путевых устройств для грузового движения входят приемо-отправочные, сортировочные и вытяжные пути. *Приемо-отправочные пути*, объединенные в парки, служат для стоянки поездов во время технического обслуживания и коммерческого осмотра, предусмотренных технологическим процессом работы станции. *Сортировочные парки* предназначены для накопления и формирования поездов. Наиболее распространенными устройствами для выполнения маневровой работы на участковых станциях являются *вытяжные пути*.

Сортировочные станции предназначены для массового расформирования и формирования поездов. Это самые крупные станции — фабрики маршрутов. Они располагаются в местах массового зарождения и погашения вагонопотоков (грузопотоков), а также на подходах к крупным промышленным районам и административным центрам. Для переработки вагонов на сортировочных станциях имеются: парк (парки) приема, отправления, сортировочные, транзитные, сортировочные горки, вытяжные пути. На сортировочных станциях выполняются все

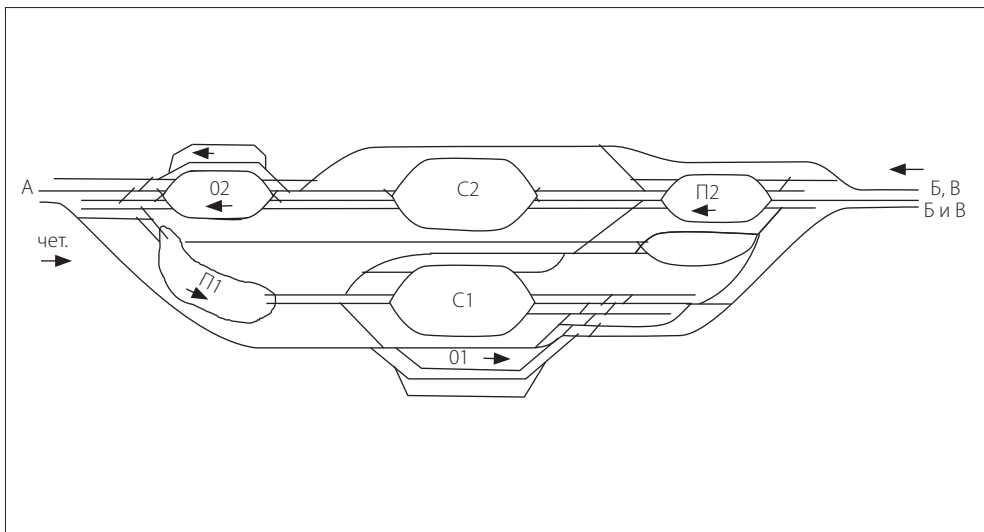


Рисунок 2.23. Схема двусторонней сортировочной станции

те же операции, что и на участковых станциях, однако преобладает работа по расформированию и формированию поездов.

Сортировочные станции бывают односторонние и двусторонние (две сортировочные системы), с последовательным, параллельным и комбинированным расположением парков. Схема двусторонней сортировочной станции приведена на рисунке 2.23.

Основы технологии работы сортировочных и участковых станций. Транзитные без переработки поезда принимаются в транзитный или приемо-отправочный парк. Производятся технический и коммерческий осмотры и ремонт вагонов, в большинстве случаев смена локомотивов и локомотивных бригад. После пробы тормозов поезда отправляются со станции.

Поезда, прибывающие в расформирование, принимаются в парк приема, где также производится технический и коммерческий осмотры вагонов. Поездной локомотив отцепляется и следует в депо. Поездные документы передаются в станционный технологический центр (СТЦ). Здесь производится сверка документов с составом поезда и готовится сортировочный листок, на основании которого производится расформирование состава.

После накопления состава производится окончание его формирования и перестановка в парк отправления (ПО). В парке отправления выполняются технический и коммерческий осмотры вагонов. В СТЦ готовятся документы на сформированный состав и передаются в ПО. Поездной локомотив прицепляется к составу, машинисту под роспись вручаются документы, производится проба тормозов — и поезд отправляется со станции.

Подвижной состав: локомотивы и вагонный парк

К подвижному составу *относят:* локомотивы, вагоны и моторвагонный подвижной состав.

Локомотив — двигатель на колесах, предназначенный для передвижения вагонов по рельсам (от лат. locus — место и motia — движение). Локомотив произошёл от первого паровоза Дж. Стефенсона, который он назвал «Локомонш».

По виду двигателей локомотивы разделяются на: паровозы; тепловозы; электровозы; паротурбовозы; газотурбовозы.

По виду работы локомотивы разделяются на:

- пассажирские (с высокой скоростью движения);
- грузовые (с большой силой тяги);
- маневровые.

Моторвагоны (мотриси) — самодвижущиеся единицы, наиболее распространенный вид моторвагонной тяги — электропоезда пригородного (и городского) сообщения, а также дизельные поезда.

Локомотивное хозяйство обеспечивает перевозочную работу железных дорог тяговыми средствами и их содержание в требуемом техническом состоянии.

Основной производственной единицей локомотивного хозяйства является локомотивное депо. Депо имеет приписной парк локомотивов для обслуживания грузовых или пассажирских поездов, локомотивные здания, мастерские и другие средства для ремонта и технического обслуживания.

Вагоны — основные перевозочные средства железных дорог. Различают грузовые, пассажирские и специальные вагоны.

Грузовой вагон (от англ. *waggon* — тележка) возник на угольных шахтах.

Грузовые вагоны различают по:

1) типам; 2) грузоподъемности; 3) количеству осей.

Грузоподъемность — наибольшая масса груза (нетто), которая может перевозиться в этом вагоне.

Тарой вагона называется его общая масса в пустом состоянии.

Масса вагона брутто — общая масса тары и груза (нетто), перевезенного в вагоне.

Парк грузовых вагонов состоит из следующих видов:

1) *крытые* — предназначенные для перевозки широкой номенклатуры грузов, которые требуют защиты от атмосферных осадков.

Парк крытых вагонов состоит в основном из 4-х осных вагонов грузоподъемностью 50–62 тонны.

2) *платформы* — вагоны без кузова, которые используются для перевозки длинномерных и крупнотоннажных грузов (масса брутто 10, 20, 30 тонн).

3) *полувагоны* — вагоны с высокими бортами и без крыши, используют для перевозки топливных, рудных, строительных и других грузов.

4) *цистерны* — предназначены для перевозки жидких грузов — нефти, керосина, бензина, кислот, масел. Грузоподъемность в зависимости от числа осей (4, 6, 8) составляет от 50 до 120 тонн.

5) *изотермические вагоны* (рефрижераторы) со специальным термоизолирующим кузовом и устройствами, которые обеспечивают стабильность заданных температур для перевозки грузов с особенными условиями хранения (овощи, фрукты, напитки и др.).

Вагоны специального назначения:

- транспортеры — для перевозки громоздких и крупнотоннажных машин и оборудования; грузоподъемность — 130, 180, 230 и 300 тонн;
- вагоны для перевозки скота, живой рыбы, битума, цемента, легковых автомобилей;
- вагоны, предназначенные для технических и бытовых потребностей железной дороги;
- вагоны-мастерские;
- вагоны строительных и пожарных поездов;
- думпкары — вагоны — самосвалы для перевозки щебня, песка, угля;
- хопперы — вагоны с откидным дном, которые разгружаются через откидной люк в днище кузова «самотеком».



Рисунок 2.24. Грузовой электровоз ЭП2К

Парк пассажирских вагонов вмещает — вагоны с мягкими и жесткими местами в виде купейных, открытых не купейных вагонов, а также вагонов ресторанов, почтовых вагонов, багажных вагонов. В целом подвижной состав железной дороги — это очень большая и сложная система железнодорожного транспорта.

Все эксплуатируемые и строящиеся локомотивы можно классифицировать по следующим признакам:

- *по роду службы* (выполняемой работы) — грузовые (рис. 2.24), пассажирские (рис. 2.25) и маневровые (рис. 2.26);
- *по числу секций* — одно-, двух- (сочлененные) и многосекционные (мотор-вагонные секции);
- *по типу передачи* — с электрической, гидравлической, гидромеханической, механической и непосредственной передачами.

Электрическая передача применяется в электровозах и в большинстве тепловозов; гидравлическая и гидромеханическая — в тепловозах; механическая — у маломощных тепловозов (мотовозов); непосредственная (кривошипно-шатунная) — у паровозов.

Применение на электровозах и тепловозах тяговых электродвигателей дает возможность использовать как индивидуальный, так и групповой привод. При индивидуальном приводе каждая движущая колесная пара соединена со своим тяговым двигателем зубчатой передачей. При групповом приводе движущие



Рисунок 2.25. Пассажирский тепловоз ТЭП150-004

колесные пары, размещенные в одной жесткой раме, соединяются между собой промежуточными зубчатыми колесами.

Расположение колесных пар в экипаже, род привода от тяговых двигателей к колесным парам и способ передачи тягового усилия принято выражать осевой характеристикой, в которой цифрами показывается число колесных пар.



Рисунок 2.26. Маневровый тепловоз ТЭМ18ДМ

В формуле знак «-» означает, что обе тележки несочленены — не связаны шарнирно, и тяговое усилие от движущих колесных пар в автосцепке локомотива передается через раму кузова. Знак «+» указывает, что тележки сочленены, и тяговое усилие передается через раму тележки. Если движущие колесные пары имеют индивидуальный привод, то к цифре, показывающей число осей, добавляется индекс «о».

Электровоз ВЛ23 с характеристикой 3о + 3о представляет собой локомотив с двумя сочлененными трехосными тележками и с индивидуальным приводом движущих колесных пар.

Тепловоз с осевой характеристикой 2(3о — 3о) — двухсекционный локомотив, каждая секция которого имеет две трехосные несочлененные тележки с индивидуальным приводом движущих колесных пар и может работать самостоятельно. Если же секции не могут работать самостоятельно, то осевая характеристика имеет вид 3о — 3о — 3о — 3о. Под серией понимается локомотив одного и того же типа и одинаковой конструкции.

Для электровозов переменного (однофазного) тока установлена следующая нумерация: четырехосные — от ВЛ40 до ВЛ59 (ВЛ — Владимир Ленин); шестиосные — от ВЛ60 до ВЛ79; восьмиосные — от ВЛ80 до ВЛ99. Электровозы постоянного тока нумеруются: шестиосные — от ВЛ19 до ВЛ39; восьмиосные — от ВЛ8 до ВЛ18;

Пассажирские электровозы чехословацкого производства на железных дорогах СНГ имеют серию ЧС. Электровоз ЧС200 обеспечивает скорость 200 км/ч. Новый электровоз ЧС8 может вести поезда из 23 пассажирских вагонов на участке с подъемом 25 ‰ со скоростью 85 км/ч.

Модернизированные электровозы имеют индекс «м» (ВЛ22 м); электровозы с кремниевыми выпрямителями — индекс «к» (ВЛ60^к); электровозы с рекуперативным торможением — индекс «р» (ВЛ60^р); электровозы с реостатным торможением — индекс «т» (ВЛ80^т).

Конструкционная скорость современных электровозов находится в диапазоне 100–220 км/ч. Максимальная скорость для всех электровозов серии ЧС на 20 км/ч меньше конструкционной. Мощность часового режима — от 3150 до 9700 кВт. (Мощность часового режима — это наибольшая развиваемая на валу тягового двигателя мощность, при которой машина может работать в течение часа, начиная от холодного состояния.)

Серии тепловозов с электрической передачей имеют буквенное обозначение ТЭ, а с гидравлической — ТГ. В буквенное обозначение серий включают знак рода службы локомотива: П — пассажирский (ТЭП60), М — маневровый (ТГМ7). Цифра после букв соответствует нумерации выпуска. Например, тепловозам Коломенского завода присваивается номер от 50 до 99 (ТЭП60), тепловозам Харьковского завода — от 1 до 49 (ТЭ3, ТЭ10), Луганского (Ворошиловградского) завода — от 100 до 150 (2ТЭ116) (отступление: 2ТЭ10В — Ворошиловград, 2ТЭ10Л — Луганск).

На железных дорогах СНГ эксплуатируются около 20 серий и модификаций электровозов и 25 серий и модификаций тепловозов. Одним из самых мощных является двухсекционный восьмиосный электровоз переменного тока ВЛ80^р с плавным (бесступенчатым) регулированием скорости. По аналогичному принципу построен еще более мощный 12-осный электровоз ВЛ85^р для работы на линиях, электрифицированных по системе однофазного переменного тока напряжением 25 кВ. Он состоит из двух шестиосных секций. Может водить поезда массой 6000 т и более. Мощность локомотива — 10000 кВт, конструкционная скорость — 110 км/ч. В числе новых локомотивов грузовой электровоз ВЛ15 для вождения тяжеловесных поездов на линиях с напряжением 3000 В постоянного тока. Его мощность — 9000 кВт, конструкционная скорость — 110 км/ч. Среди тепловозов самый современный — 2ТЭ121 мощностью 5884 кВт с электрической передачей переменного-постоянного тока. Создан тепловоз 4ТЭ10С повышенной мощности для эксплуатации в суровых климатических условиях. Изготовлен тепловоз ТЭ126 для вождения грузовых поездов в условиях умеренного и холодного климата. На Брянском машиностроительном заводе (1988) выпущен маневровый тепловоз ТЭМ15 с уменьшенным расходом топлива.

Современные электровозы и тепловозы могут совершать пробег между экипировками в зависимости от массы поезда и профиля пути до 1200 км, а между техническими обслуживаниями — от 1200 до 2000 км.

3. ВОДНЫЙ ТРАНСПОРТ

3.1. Виды и основные средства водного транспорта

Человек с самых древних времен стремился к подчинению водных просторов. Первыми средствами для этого были примитивные плоты. История судостроения и судоходства насчитывает около 8 тыс. лет, которая отвечает эпохе неолита. Большими мастерами судостроения и мореходства в древности считаются финикийцы.

Путешествия отечественных мореплавателей известны с очень давних времен. Еще в начале VII века руссы осуществляли походы в Средиземное море на остров Крит. Плодотворным было XI ст., в котором начали строить суда с 3-мя и 4-мя мачтами. XIII век отмечен изобретением и применением компаса.

В 1850 году было сконструировано первое металлическое судно, на котором был использован судовой винт.

Водному пространству принадлежит более 2/3 поверхности Земного шара. Это океаны, моря, реки, озера.

В зависимости от водотоков и водоемов водные пути разделяются на:

- морские — океаны, моря, проливы, заливы, устья больших рек, морские каналы;
- речные — реки и озера в естественном состоянии, шлюзовые реки, судоходные каналы, искусственные озера и водохранилища.

Водные пути разделяют на внешние и внутренние.

Водный транспорт *состоит* из таких технических элементов:

- путь — естественный или искусственный водоток или водоем;
- подвижной состав — суда для перемещения грузов и пассажиров, а также технический флот для обслуживания водных путей;
- порты и пристани — пункты грузовых и пассажирских операций и обслуживания подвижного состава, оборудованные складскими помещениями и погрузо-разгрузочными устройствами.

Морскому транспорту принадлежит особенное место в транспортной системе стран. Он выполняет такие функции:

- 1) обеспечивает морские международные связи;
- 2) удовлетворяет потребности в перевозках внутри страны в каботажном плавании (малый и большой каботаж). Малый каботаж — плавание судов в пределах одного или двух совместимых морских бассейнов без захода в территориальные

воды других государств. Большой каботаж — плавание судов между портами разных бассейнов, разделенных береговыми территориями других государств;

3) морской транспорт выполняет перевозку грузов иностранных фрахтовщиков, которые включают экспортные и импортные перевозки;

Речной транспорт занимает одно из ведущих мест в обслуживании больших промышленных центров приречковых районов.

Значение речного транспорта в экономике определяется не столько масштабом работы, сколько особым значением функций, которые им выполняются.

Кроме транспортного обслуживания речной транспорт также выполняет сложные перевозки внешнеторговых грузов судами смешанного плавания (река — море).

Глуководным внутренним путям присуща большая провозная способность, их можно сравнить с многоколейными железными дорогами, они приспособлены к массовым перевозкам грузов и пассажиров. Перевозка некоторых грузов речным транспортом по магистральным внутренним водным путям обходится в 2–3 раза дешевле, чем по параллельным железным дорогам.

Преимущества водного транспорта:

- высокая провозная способность;
- сравнительно небольшие капиталовложения;
- незначительные расходы топлива;
- относительно невысокая себестоимость перевозок грузов.

Недостатки водного транспорта:

- зависимость от географических и навигационных условий;
- необходимость использования большого портового хозяйства;
- небольшая скорость перевозок.

3.2. Виды плавсредств по назначению

На водных пространствах мира эксплуатируются суда, разнообразные по конструкции и профилю работы.

По назначению морские и речные суда разделяются на:

- транспортные: грузовые, пассажирские, грузопассажирские, буксирные;
- технические: углубители дна, плавучие доки, краны;
- промышленные: рыболовецкие, зверобойные;
- специальные: ледоколы, спасательные, пожарные, дебаркадеры;
- спортивные.

По средствам передвижения корабли разделяются на:

- самоходные, оборудованные собственным двигателем (теплоходы, пароходы, газоходы, дизель-электроходы, атомоходы);
- несамоходные.

Грузопассажирские суда транзитного и местного сообщения служат для перевозки по определенным линиям пассажиров и срочных грузов. Эти суда имеют

разные размеры и вместимость в зависимости от категорий водного пути, длины и пассажиронапряжённости этих линий.

Пассажирские суда пригородного и местного сообщения, как правило, тихоходные. Буксирные суда служат для перемещения несамоходных грузовых барж.

Служебно-вспомогательные, которые обслуживают водный транспорт: портовые и шлюзовые буксиры-толкатели; ледаколы; катера судовой службы; плавучие мастерские.

В состав технического флота входят дноуглубительные снаряды и суда, которые выполняют путевые и эксплуатационные работы.

Грузовые суда могут быть самоходными и несамоходными.

Важнейшая характеристика судов это их водоизмещение. Массовым водоизмещением при его полной загрузке является масса судна с полным грузом, выраженная в тонах.

Все суда, независимо от размера и назначения, должны обладать соответствующими мореходными навигационными качествами, которые обеспечивают безопасность и удобство плавания.

Основные навигационные качества: плавучесть, устойчивость, непотопляемость, маневренность. Навигационное хозяйство состоит из: береговых и плавучих маяков, освещенных и неосвещенных знаков, бакенов, буев и створов.

Эксплуатационные качества: грузоподъёмность, вместимость, скорость, автономность.

В судоходстве существует понятие каботажа, то есть плавание между портами одной страны. Применяется лоция — пособие для плавания в отдельном бассейне с детальным описанием его навигационных особенностей. Водные пути оснащаются маяками и навигационными знаками, которые выставляются на берегах водоемов или на фарватере.

Водный транспорт основан на использовании в качестве пути естественных и искусственных водоемов для передвижения грузов в судах и сплавом. Различают два вида водного транспорта: *морской*, путями передвижения которого являются океаны, моря, заливы, морские каналы и устья крупных рек, и *речной* (внутренние водные пути), путями передвижения которого служат реки, озера и водохранилища.

Морской транспорт широко применяется для внешнеторговых и внутренних (каботажных) перевозок как между портами одного моря, так и между портами разных морей.

Речной транспорт перевозит пассажиров и грузы преимущественно по внутренним водным путям сообщения.

Основными производственными средствами водного транспорта являются:

- путь — водоток или водоем в естественном или искусственном состоянии, приспособленный для судоходства;

- флот (суда) для перемещения грузов, пассажиров и технического обслуживания водных путей;
- пристани и порты с соответствующими устройствами для выполнения грузовых и пассажирских операций и технического обслуживания флота и водных путей.
- судоремонтные заводы, находящиеся, как правило, вблизи крупных морских портов и осуществляющие случайный, периодический и капитальный ремонты, а также реконструкцию судов. Важными элементами судоремонтных заводов являются сухие и плавучие доки, которые во многом определяют технические возможности заводов.
- средства связи, предназначенные для управления всеми производственными подразделениями водного транспорта и перевозочным процессом.

По условиям ветроволнового режима все судоходные внутренние водные пути (каналы, реки, водохранилища и озера, включая Аральское море) разделены на 4 разряда: «М», «О», «Р» и «Л». В основу этого деления положены максимальная высота и длина волны. Если высота волны достигает 3 м и длина — 40 м, то водный путь относится к разряду «М», соответственно 2 и 20 м — к разряду «О», 1, 2 и 12 м — к разряду «Р». К разряду «Л» отнесены водные пути, не вошедшие в разряд «Р». Это, например, реки: Ока, Западная Двина, Днестр, а также верхние плесы всех больших рек.

Водный транспорт является дешевым видом транспорта, он требует меньше энергетических затрат на перевозку, чем другие виды транспорта. Для передвижения груза по воде (при малых скоростях) требуется двигатель в 6–7 раз (а при буксировке плотов в 10 раз) меньше мощности двигателя, необходимого для перемещения груза по железной дороге.

Классификация судов флота

Суда представляют собой основную производительную единицу морского транспорта, которая может иметь отдельный производственный план и в пределах довольно длительного времени самостоятельно производить и реализовывать транспортную продукцию независимо от других элементов и звеньев морского транспорта. *По роду перевозимых грузов* все суда подразделяются на сухогрузные и наливные;

по назначению — транспортные (пассажирские — рисунок 3.1, грузо-пассажирские, грузовые — рисунок 3.2, буксирные — рисунок 3.3), промысловые (рыболовные и др.), технические (дноуглубительные снаряды, краны, перегружатели, плавучие доки), административные и специального назначения (ледоколы, пожарные суда, плавучие маяки и пристани);

по району плавания — речные, каналные, озерные, рейдовые, морские и океанские;

по материалу корпуса — стальные, деревянные, композитные (сталь и дерево), железобетонные (плавучие краны, доки), пластмассовые;



Рисунок 3.1. Пассажирский теплоход «Oasis of the Seas»

по способу перемещения — самоходные и несамоходные;
от рода двигателя (самоходные суда) — пароходы, теплоходы, электроходы (турбо или дизель), атомоходы;

по способу использования механической работы двигателя для перемещения судна — винтовые, колесные, водометные, воздушновинтовые (глиссеры). Совокупность буксирного судна и буксируемых им несамоходных судов называется *речным составом*. В составе морского флота наряду с универсальными значительную долю составляют специализированные суда (танкеры, балкеры, контейнеровозы, ролкеры (Ро-Ро), лихтеры, газовозы и другие (рис. 3.4).

Балкеры — суда для перевозки навалочных грузов (углевозы, рудовозы и т.д.)



Рисунок 3.2. Грузовой теплоход типа «MSC DANIT»



Рисунок 3.3. Толкач-буксир пр. 428 мощностью 2000 л.с.

Ролкеры — суда с бескрановой или горизонтальной системой погрузки-выгрузки.

Лихтеры — самоходное морское судно для перевозки грузов, а также для беспричальных грузовых операций при погрузке или разгрузке на рейде судов с глубокой осадкой, которые не могут войти в порт.

Морские суда в зависимости от районов плавания подразделяются на суда неограниченного (океанского), ограниченного (в районе одного моря), прибрежного, местного и рейдового (для местных перевозок и обслуживания рейдов) и ледового плавания (самостоятельно или за ледоколом).

3.3. Порты и портовые сооружения

Порты, классификация и их основные элементы

Грузо- и пассажиропотоки начинаются и завершаются на водных путях в портах.

Порт — совокупность сооружений и устройств, предназначенных для обеспечения безопасной стоянки судов и перевозочных операций между водными и сухопутными видами транспорта.

Порты классифицируют: по назначению, (рис. 3.5) по технико-экономическим характеристикам, по географическому расположению, по продолжительности эксплуатации, по характеру эксплуатационной работы, по отношению к уровню воды, по характеру и полноте услуг, по транспортному назначению.

По технико-экономическим показателям порты разделяют на 4 группы: порты I, II, III разрядов и вне категории (очень крупные — Одесса, Ильичевск, Санкт-Петербург, Гданьск, Ливерпуль и другие).



Сухогрузное судно общего назначения



Морское рефрижераторное судно



Контейнеровоз



Ролкер



Балкер



Морской лесовоз



Танкер



Газовоз



Морской грузопассажирский паром



Морской железнодорожный паром

Рисунок 3.4. Типы специализированных судов

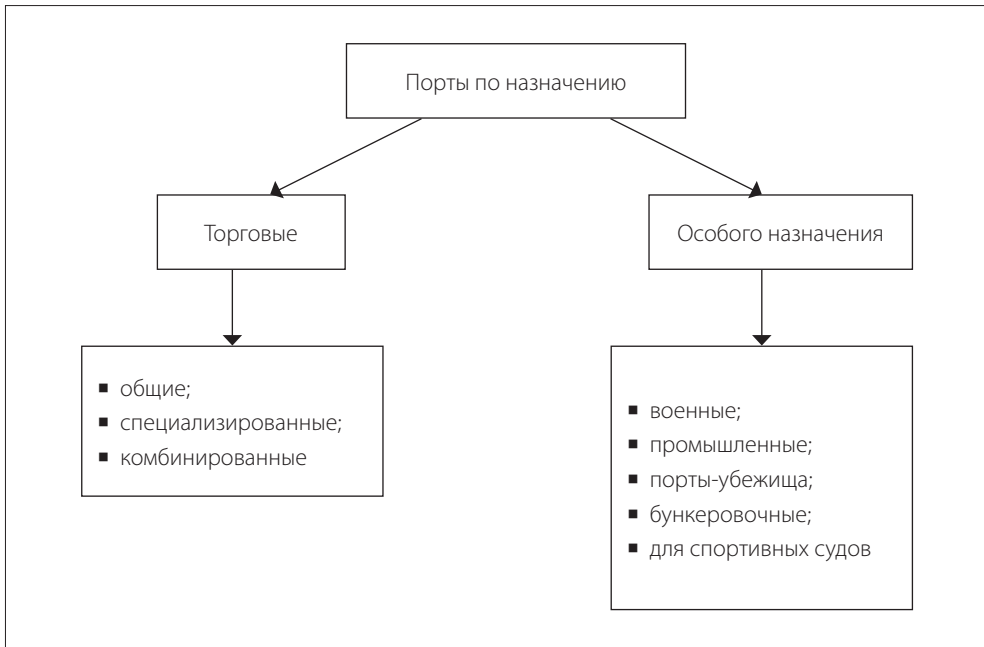


Рисунок 3.5. Порты по назначению

По географическому расположению порты разделяются на *расположенные*: на открытом морском побережье, в естественных бухтах, в лагунах и лиманах, внутренние, островные, устьевые.

По характеру услуг порты разделяют на *базовые*: с ограниченным обслуживанием, с минимальным обслуживанием.

По транспортному назначению порты разделяют на *мировые*: международные, каботажные.

По характеру эксплуатационной работы распределяют на *транзитные* и *конечные* порты.

Основные элементы порта представлены на схеме (рис. 3.6).

Порты включают участки водной и сухопутной поверхности. Водная поверхность порта называется акваторией, сухопутная поверхность — территорией порта. Акватория разделяется на внешнюю и внутреннюю. Внешняя — это водное пространство, на котором расположены подходы к порту. Внутренняя акватория расположена в пределах внешних ограждающих сооружений. Она состоит из: внутреннего рейда, рейдовых причалов и отдельных бассейнов.

Внутренний рейд предназначен для перемещения судов в пределах внутренней акватории.

Рейдовые причалы предназначены для работ по перегрузке или стоянке судов.

Отдельные бассейны — это гавани, которые примыкают к внутреннему рейду, в пределах которых обрабатываются суда около береговых причалов.

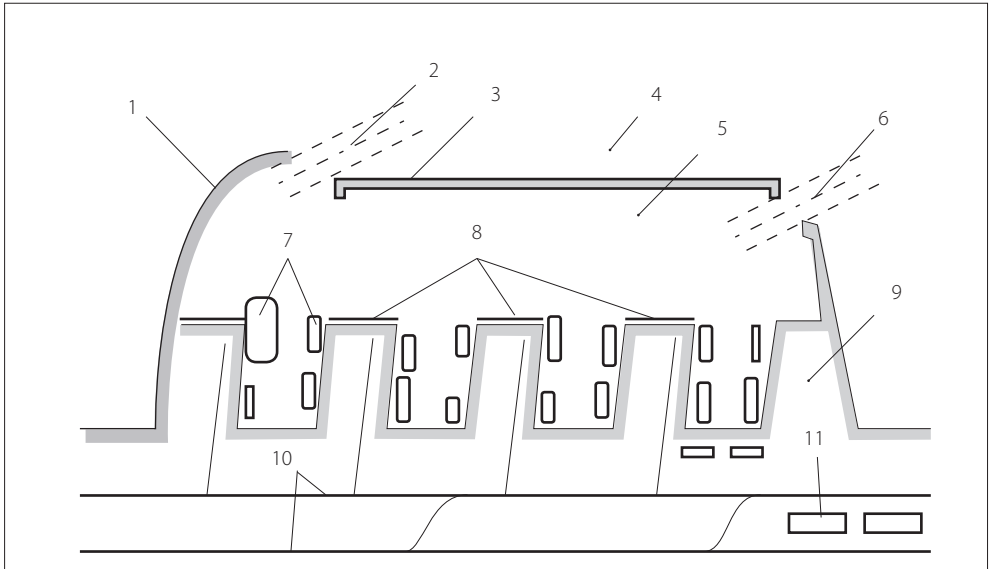


Рисунок 3.6. Основные элементы порта: 1 — мол; 2 — ось выхода из порта; 3 — волнолом; 4 — внешний рейд; 5 — внутренний рейд; 6 — ось входа в порт; 7 — плавсредства; 8 — широкие пирсы; 9 — пассажирская площадка; 10 — железнодорожные пути; 11 — склады

Сооружения, которые защищают акваторию порта или отдельные его части от действия волн, течений, наносов и льда, называют *ограждающими*. Ограждающие сооружения, которые соединены с берегом, называют молами. Разъединённые с берегом ограждающие сооружения называют *волнорезами*.

Различают две категории портов:

- морские, обслуживающие морское судоходство и сооружаемые на морских побережьях, а также в устьях крупных рек. Эти порты могут быть внешними, имеющими мировое и международное значение, и внутренними, которые имеют местное значение;
- речные, обслуживающие судоходство по внутренним водным путям сообщения. Эти порты сооружаются на судоходных реках, каналах, озерах, водохранилищах. В зависимости от назначения порты бывают:
 - торговые — для обеспечения грузовых и пассажирских перевозок;
 - порты-убежища — для укрытия во время шторма и ремонта судов;
 - промысловые — для обслуживания рыболовного и зверебойного флота.

Морские порты. В зависимости от объема работы все морские порты разделяются на разряды с целью установления штатов и т.д. Крупнейшие порты Одесса, Мурманск, Владивосток считаются внеэскадрными.

Морские порты в зависимости от места своего расположения по отношению к береговой территории бывают:

- береговые, сооружаемые непосредственно на открытом, искусственно защищенном морском берегу;
- устьевые, сооружаемые в устьях судоходных больших рек (Ленинград, Лондон, Гамбург и т.д.);
- островные, создаваемые в некотором расстоянии от берега на естественном или искусственно образованных островах;
- внутренние, находящиеся относительно далеко от моря, либо в низовом участке судоходной реки (Архангельск, Херсон), либо на искусственном канале, прорытом от моря внутрь страны (Манчестер, Амстердам, Брюссель).

Речные порты. Они бывают:

- грузовые и грузопассажирские;
- порты-убежища, служат для безопасного отстоя судов во время шторма (на водохранилищах);
- затоны, предназначены для зимнего отстоя и производства межнавигационного ремонта судов;
- карантинные, предназначены для захода судов из районов, подверженных опасным эпидемиям.

В зависимости от характера водного пути речные порты бывают:

- на свободных реках;
- на шлюзованных реках и каналах;
- на озерах и водохранилищах.

Основные элементы порта. План порта включает следующие основные элементы: акваторию, территорию, причальный фронт и образующие их гидротехнические сооружения.

Акватория — это водные площади, используемые для движения судов, их стоянки при выполнении грузовых операций у береговых фронтов (причалов) и на плаву при перегрузке непосредственно из судна в судно (гавань), а также для стоянки судов в ожидании подхода к грузовым фронтам или выхода из порта и маневрирования (рейд).

Территория — это сухопутная площадь, вдоль которой расположены береговые грузовые фронты (причальные линии), оборудованные для производства всех портовых операций, служебные, хозяйственные и бытовые устройства.

Причальный фронт, служащий для причала (швартовки) судов и обеспечения надлежащих условий производства пассажирских, погрузочно-разгрузочных и прочих операций. Чтобы судно могло подойти бортом вплотную к портовой территории, на берегу устраивается сплошная вертикальная стена, называемая *набережной*. При расположении набережных нормально или под углом к берегу, они называются *пирсами*. Широкое распространение на внутренних водных путях получили плавучие причалы (грузовые и пассажирские дебаркадеры).

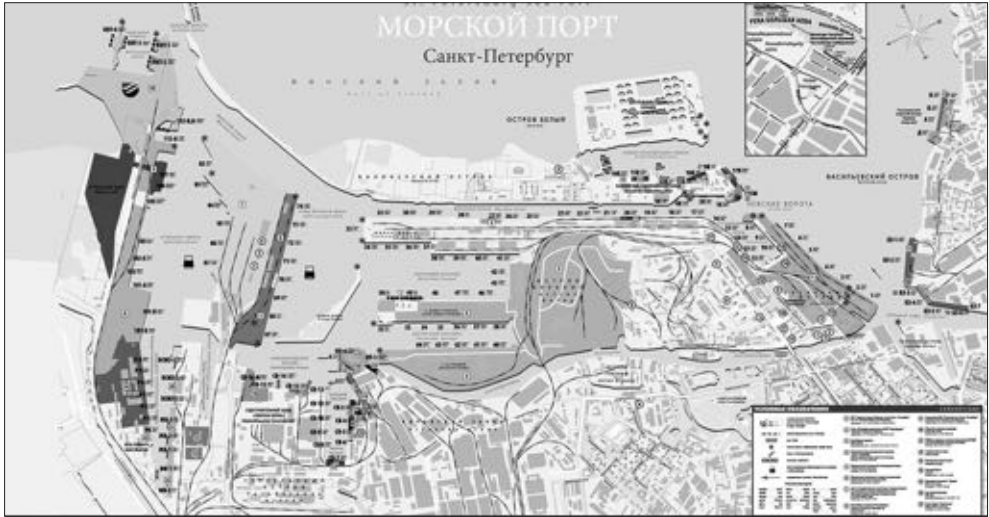


Рисунок 3.7. Карта морского порта, Санкт-Петербург

Оборудование порта. Основным оборудованием порта для производства грузовых операций являются путевое развитие, складские помещения и перегружочные машины. Карта морского порта Санкт-Петербург показана на рисунке 3.7.

Путевые устройства порта включают: *портовую станцию*, для сортировки вагонов по отдельным районам порта или отдельным причалам; *районные парки*, для быстрой замены вагонов у погрузочно-разгрузочных фронтов, на причальных линиях и выполнения маневровой работы по группировке по отдельным точкам причальных линий; *погрузочно-выгрузочные пути* для вагонов, находящихся под грузовыми операциями; *ходовые пути* вдоль причальных линий для возможности подачи и уборки вагонов по районам и участкам причальных линий; *соединительные пути*, связывающие портовую станцию с районными парками.

Водный транспорт перевозит крупные партии грузов и поэтому взаимодействует в основном с железнодорожным транспортом, который доставляет в порты отправляемые грузы и вывозит из них прибывшие.

В морских портах, расположенных в устьях крупных рек, морской транспорт тесно взаимодействует с речным транспортом, особенно где значительные массы грузов перегружаются с морских судов на речные и обратно.

В некоторых портах, лишенных связей с железнодорожными и речными путями сообщения, доставка в порт отправляемых грузов и вывоз прибывших осуществляется автомобильным транспортом. И здесь предпочтительной технологией считается перегрузка по прямому варианту «судно-автомобиль».

Порты, через которые экспортируются нефтяные или жидкие химические грузы, имеют связь с трубопроводным транспортом, доставляющим названные грузы в береговые емкости.

Речной транспорт. Его техническая база включает: суда, водный путь (с соответствующими сооружениями и оборудованием), порты, пристани, судостроительные и судоремонтные заводы, связь.

Речной флот, аналогично морскому, состоит из судов транспортного назначения, служебно-вспомогательных и технических. Основное отличие речных судов от морских заключается в их меньшей осадке и габаритных размерах. Речной флот включает:

- самоходные суда — пассажирские, грузопассажирские и грузовые;
- несамоходные суда (баржи) различного назначения;
- буксиры (толкачи) — суда без собственных грузовых помещений, но с силовой установкой, предназначенные для тяги несамоходных судов.

Для обеспечения безопасного плавания судов по *внутренним* судоходным путям первостепенное значение имеет правильный выбор курса относительно оси и кромок судового хода.

При движении судно должно находиться в пределах границ судового хода и удерживаться на безопасном расстоянии от различных препятствий.

Для того, чтобы выбрать соответствующий курс, судоводителю необходимо точно знать место нахождения своего судна в процессе всего движения. Определение местонахождения судна по навигационным знакам, естественным и искусственным приметам, расположенным по берегам или вблизи судового хода, называется ориентировкой.

Обнаружение различных ориентиров и выбор курса судна относительно них осуществляются глазомерно (визуально) или с помощью навигационных, а также электрорадионавигационных приборов.

В зависимости от способа ориентировки и особенностей плавания на том или ином участке пути применяются различные методы судовождения, основными из которых являются: *глазомерный (лоцманский), навигационный и радиолокационный.*

Глазомерный метод судовождения является основным при плавании на реках, каналах и в озерно-речной части водохранилищ. Сущность его заключается в том, что определение местонахождения судна и выбор курса осуществляются судоводителем визуально по различным видимым ориентирам.

Навигационный метод применяется при плавании по крупным водохранилищам, озерам и прибрежно-морским районам. Определение местонахождения судна и удержание его на заданном курсе в этом случае осуществляются с помощью навигационных приборов.

Радиолокационная проводка осуществляется с помощью судовой радиолокационной станции и применяется, как правило, в условиях плохой или ограниченной видимости, когда ориентировка глазомерным способом невозможна.

Для всех методов судовождения необходимым условием плавания является наличие на судне соответствующих навигационных карт и информационно-справочных пособий.

Навигационная карта необходима судоводителю для того, чтобы в процессе движения постоянно контролировать курс следования судна относительно ориентиров, расположенных на местности и нанесенных на карту.

К *информационно-справочным пособиям* относятся лоции районов плавания, лоцийные описания различных участков, местные правила плавания, извещения судоводителям (путевые, информационные листы), радиолокационные схемы и карты и др.

Ориентировка по знакам судоходной обстановки осуществляется преимущественно глазомерным способом без применения каких-либо навигационных приборов.

Техника ориентировки и проводки судна по навигационным знакам включает следующие последовательные действия судоводителя:

- обнаружение знака на местности с поста управления судном;
- определение назначения этого знака;
- оценку местоположения судна относительно знака или группы знаков;
- избрание соответствующего курса для дальнейшего движения судна и осуществление его проводки в зоне действия данного навигационного знака или группы знаков.

Контроль за правильностью движения судна осуществляется судоводителем по взаимному расположению судна относительно навигационных знаков путем определения курсовых углов и *траверзных* расстояний до этих знаков.

Курсовой угол — это угол между ДП судна и направлением на предмет-ориентир; *траверзное расстояние* — расстояние до предмета-ориентира в направлении, перпендикулярном ДП судна.

Размещение судов в составе и способы крепления (счалки) зависят от направления движения состава (вверх или вниз по течению), скорости течения, ширины русла и типа судов.

Впереди речного состава обычно ставятся суда более прочной конструкции и наиболее нагруженные. При буксировке нескольких барж против течения счалка производится обычно «врастяжку» или «гусем» (рис. 3.8 а).

В случае буксировки по течению груженные баржи счаливают обычно в два-три ряда (рис. 3.8 б).

Если баржи должны быть розданы по пути следования, они соединяются с буксирным судном самостоятельными буксирными канатами (рис. 3.8 в).

В настоящее время широко применяется буксировка судов толканием (рис. 3.8 г). Этот способ обеспечивает снижение сопротивления воды, испытываемого буксирным судном, а, следовательно, уменьшает расход топлива, снижает стоимость перевозок и увеличивает скорость движения.

Водный путь — это судоходная часть рек, озер, водохранилищ и искусственных каналов с гидротехническими сооружениями.

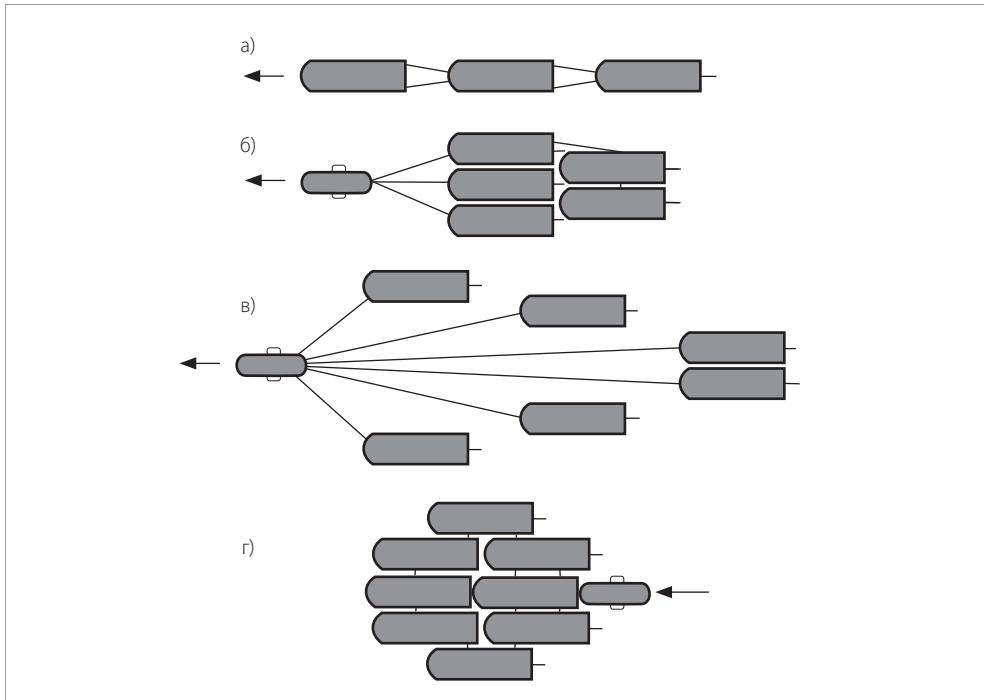


Рисунок 3.8. Схема счалки барж при буксировке

Порты — основа берегового хозяйства речного транспорта. В них осуществляется основная работа по загрузке и разгрузке судов, посадке и высадке пассажиров, а также по экипировке и техническому обслуживанию судов, включая формирование речных составов. *Универсальные* порты выполняют все виды работ, *специализированные* — только отдельные (пассажирские или грузовые).

Важнейшими элементами портов являются *причалы* для погрузки-разгрузки судов. Здесь же устраиваются склады и складские площади для массовых грузов.

Пристани — промежуточные пункты, где суда имеют кратковременную остановку для посадки-высадки пассажиров и частичной погрузки-выгрузки грузов. Одной из важнейших проблем речного транспорта является дальнейшее совершенствование структуры флота и, прежде всего, нахождение рациональной единичной грузоподъемности, а также специализации и универсальности судов. Задача повышения грузоподъемности речных самоходных судов решается в условиях жесткого ограничения их осадки и длины. К тому же за пределами грузоподъемности 5000 т удельная металлоемкость самоходных судов, как правило, возрастает из-за необходимости обеспечения расчетной прочности. Повышение мощности судовой установки также встречает препятствие: при ограниченных глубинах излишне мощный винт выгоняет из-под днища судна воду — и теплоход ложится на дно реки.

Никарагуанский канал — строящийся канал между Карибским морем и Тихим океаном, трасса которого проходит по территории республики Никарагуа.

Полное название — «Великий трансокеанский канал Никарагуа» (исп. Gran Canal Interocéanico por Nicaragua).

Правительство Никарагуа планирует строительство Никарагуанского канала в качестве альтернативы Панамскому каналу. Реализацию проекта осуществляет HKND-Group, частная транснациональная компания со штаб-квартирой в Гонконге. Основными партнёрами HKND-Group по строительству канала являются: China Railway Construction Corporation (Китай), McKinsey & Company (США), Environmental Resource Management (ЕС).

Параметры

Ожидается, что параметры канала составят:

- глубина 26–30 метров;
- ширина — 230–530 метров;
- длина — 278 километров (в том числе — 105 км по водам озера Никарагуа).

Примерное время прохождения канала судном (кораблём) будет составлять около 30 часов.

Канал должен будет обеспечить прохождение контейнеровозов вместимостью до 25 000 TEU и танкеров с дедвейтом в 320–400 тысяч тонн нефти. За год через канал сможет проходить 5 100 судов.

Решение о строительстве. 4 июня 2012 года Национальное собрание Никарагуа одобрило (61 «за», 25 «против») проект строительства «Великого трансокеанского канала Никарагуа» (Gran Canal Interocéanico por Nicaragua), который соединит воды Тихого и Атлантического океанов. Предполагается, что новый межокеанский канал станет более длинной, широкой и глубокой альтернативой Панамскому каналу и серьёзно разгрузит морской трафик (предполагается до 5% от мирового).

В 2013 году власти Никарагуа отдали планируемый канал в концессию на 50 лет гонконгской компании «НК Nicaragua Canal Development Investment Co Ltd» (HKND) и её владельцу Ван Цзину (Wang Jing).

Финансирование. Ориентировочная стоимость проекта составляет 40 млрд долларов (по альтернативным данным — 50 млрд). По условиям концессии, HKND ежегодно выплачивает Республике Никарагуа по 10 млн долл. США в течение 10 лет (всего 100 млн долл.) и часть доходов от каждого субпроекта в размере 1% на начальном этапе, с последовательным увеличением суммы выплат до 99%. Кроме того, инвестор передаёт Республике Никарагуа оборудование и инфраструктуру субпроектов (после завершения периода действия концессии), а также акции предприятия по схеме последовательного увеличения от 1 до 99% на протяжении всего максимально допустимого срока концессии (сто лет). Таким образом, никарагуанское государство не вкладывает собственные финансовые

средства в реализацию проекта, но через 50 лет получит в своё распоряжение 51% концессии, а ещё через 50 лет станет собственником 99% акций.

Инфраструктура. В проекте, кроме канала, предусмотрено строительство двух морских портов на каждой стороне канала (Брито и Пунта-Агила), нефтепровода, аэропорта к северу от города Ривас, создание зоны свободной торговли Брито, строительство курорта в городе Сан-Лоренцо, строительство дороги для восстановления дорожной сети, нарушенной при строительстве канала.

Иностранные участники. Китай заинтересован в строительстве канала в связи с возможностью транспортировки по нему больших объёмов нефти, которые он намерен закупать в Венесуэле. В реализации проекта примет участие Россия. Она займётся постройкой инфраструктуры, необходимой для канала, а также будет осуществлять охрану во время строительства, путём патрулирования вод и воздушного пространства Никарагуа, согласно договору от 2 января 2015 года. Планирует участвовать в проекте и Бразилия.

Маршрут. Окончательный вариант маршрута канала от устья реки Брито к югу от города Ривас на Тихоокеанском побережье до устья реки Пунта-Горда (Рама) (около острова Бенадо, южная граница берега Москитов) на Атлантическом побережье был продемонстрирован представителями китайской компании HKND Group 7 июля 2014 года в Никарагуа.

Хроника строительства. Подготовка к строительству канала (строительство подъездных путей к местам грядущих экскаваторных работ) началась 22 декабря 2014 года. Начало строительства сопровождалось противоправными эксцессами противников строительства.

Непосредственно при строительстве канала будут задействованы 200 тысяч рабочих, а всего оно даст работу примерно миллиону никарагуанцев и жителям приграничных стран. Начало эксплуатации канала намечено на 2019 год, завершение строительства — на 2029 год.

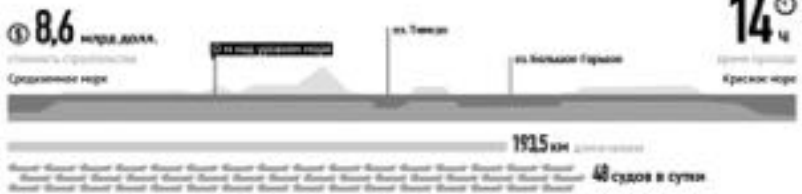
Многоканальная связь

В 2019 году для судоходства откроется Никарагуанский канал

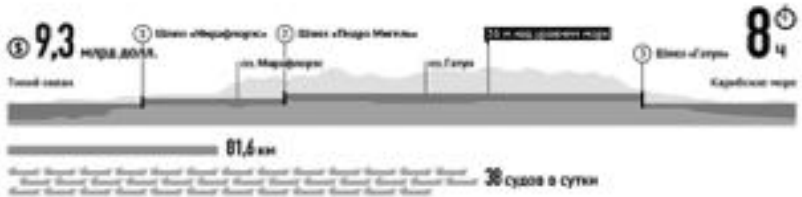
Объёмы морских перевозок ежегодно растут на 3-4%, грузовые суда становятся все больше, в очереди перед входом в каналы — длиннее. Новый Никарагуанский путь, который станет самым длинным и глубоким из международных транзитных коридоров, должен решить проблему морских «пробок»



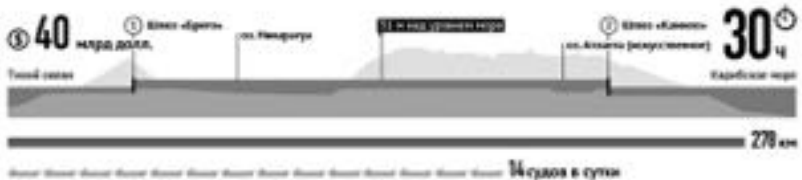
■ Суэцкий канал
создан в Египетском Суэце
1859-1869 гг.
Египет и Франция



■ Панамский канал
1904-1914 гг.
Панама
Франция
США



■ Никарагуанский канал
2014-2019 гг.
Никарагуа
Китай
Россия



4. АВТОМОБИЛЬНЫЙ ТРАНСПОРТ

4.1. Краткая историческая справка

Родоначальником современного автомобиля считают созданный в 1769 году «дорожный локомотив» французского артиллерийского офицера Никола-Жозефа Кюньо. Это был трехколесный тягач с паровым котлом и машиной. Бывший практикант Д. Уатта англичанин Ричард Тревитик в 1801–1802 годах создал свой паровой автомобиль, прозванный в народе «пышущим дьяволом». Экипаж двигался с грохотом и чадом, пугая пешеходов. Его скорость достигла 10 км/ч. Предложенные конструкции были слишком несовершенными и не создали конкуренции конной тяге. Однако попытки создания паровых экипажей в разных странах не прекращались до последней четверти XIX века. (Конструкции первых экипажей приведены на рисунках 4.1–4.4).

Паровые автомобили совершенствовались, и в 1873 г. три паровых омнибуса совершали рейсы в пригороде Парижа.

Одновременно с этим в ряде стран Европы и Америки были сконструированы электрические экипажи индивидуального и грузового назначения. Из-за чрезмерной тяжести свинцовых аккумуляторов, их малой энергоёмкости (между перезарядками 6 ч), малой мощности двигателя (1–2 кВт), малой скорости (5–10 км/ч) и высокой стоимости электромобили не получили распространения.

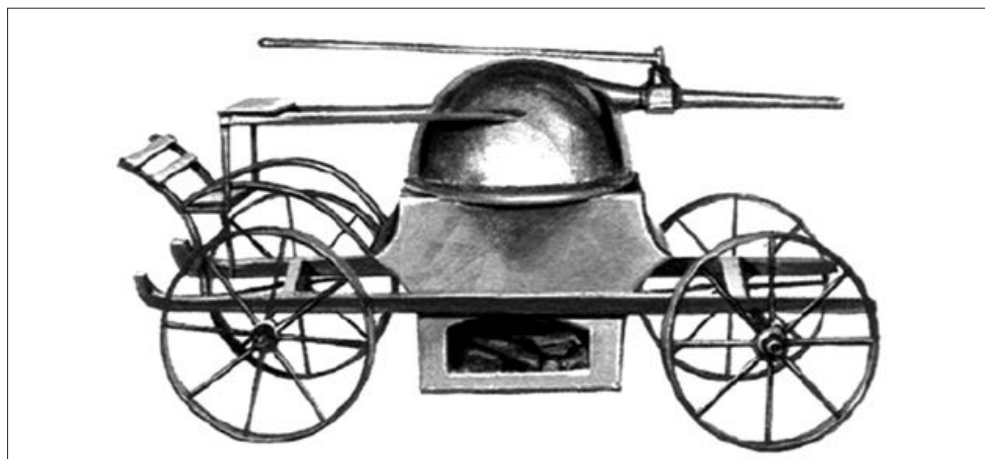


Рисунок 4.1. Паровая тележка Ньютона (1680 г.)

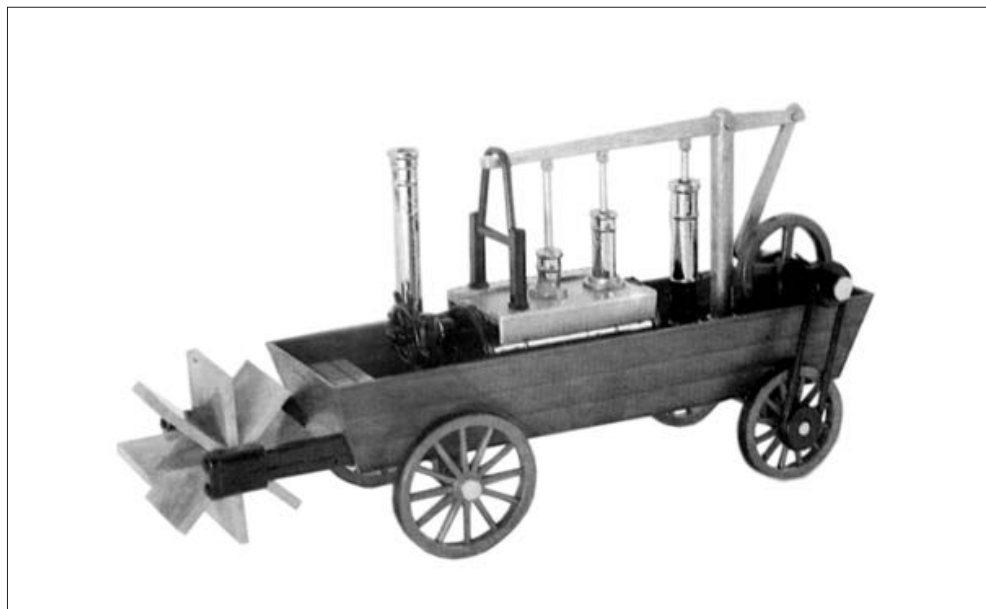


Рисунок 4.2. Паровая амфибия Эванса (1801 г.)

Лишь в 1885 году был создан принципиально новый, лёгкий и мощный двигатель внутреннего сгорания (ДВС), что значительно ускорило разработку новых конструкций автомобилей во всем мире.

Автомобиль с таким двигателем в 1895 году в рекламном пробеге на гонках Париж–Бордо (туда и обратно) прошел расстояние в 1200 км за 40 ч и 40 мин со средней скоростью (небывалой в то время) около 30 км/ч.

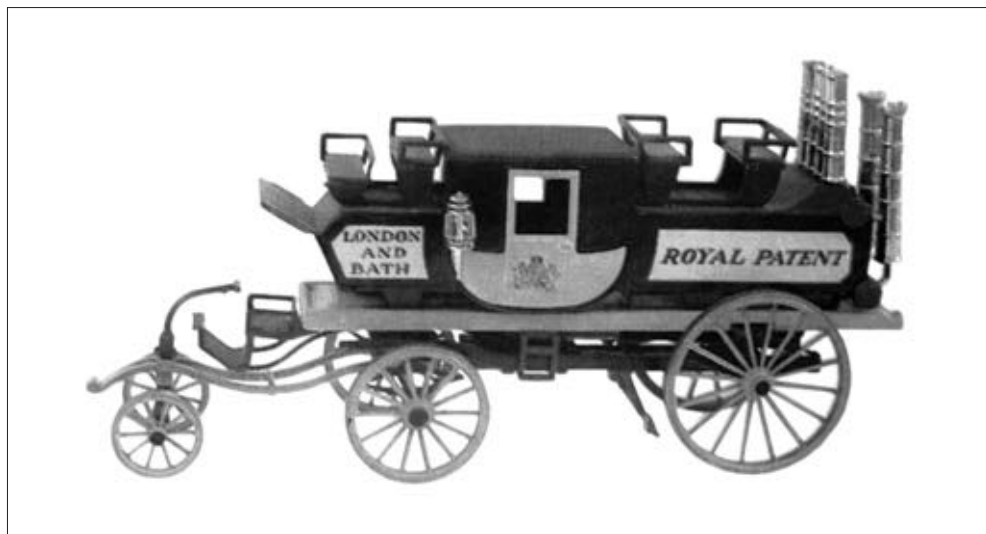


Рисунок 4.3. Паровой дилижанс Гюрнея (1825 г.)

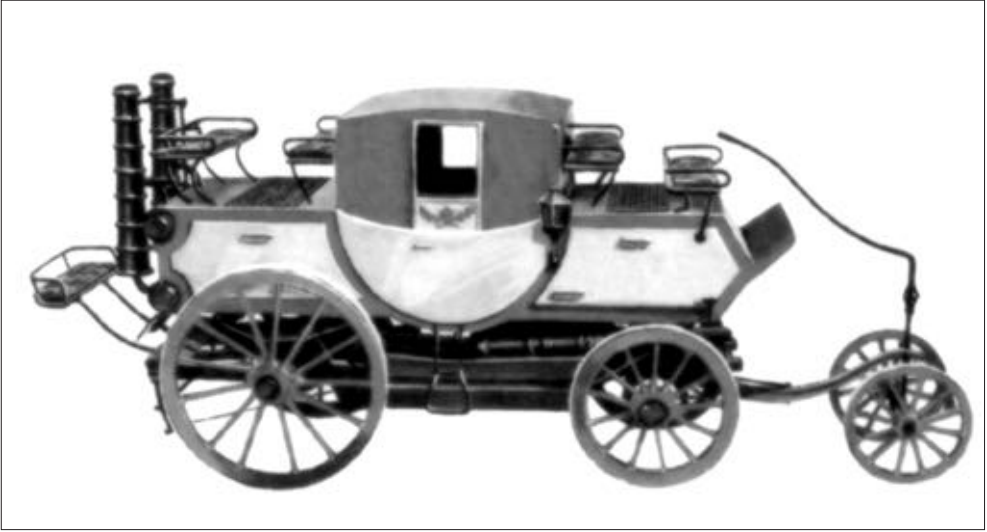


Рисунок 4.4. Паровая карета

Большое значение для последующего прогресса автомобилестроения имело изобретение в 1845 г. У. Томсоном и повторно в 1888 г. Д. Данлопом надежной пневматической шины, которая (наряду с ДВС и роликовым подшипником) завершила процесс формирования автомобиля.

Вскоре началось массовое производство автомобилей. В 1900 г. во всем мире их насчитывалось 8 тыс., в 1905 г. — 78 тыс., в 1910 г. — 468,5 тыс.

Довольно рано определился и мировой автомобильный лидер — Соединенные Штаты Америки. В 1914 г. автомобильный парк нашей планеты состоял из 2,5 миллионов автомобилей, причем 1,7 миллиона из них находились в США и около полумиллиона — в Европе.

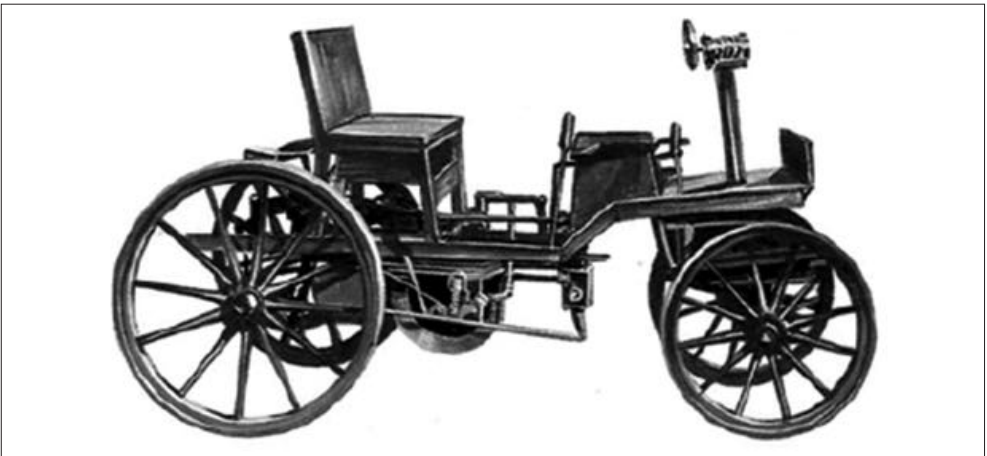


Рисунок 4.5. Автомобиль Маркуса (1875 г.)

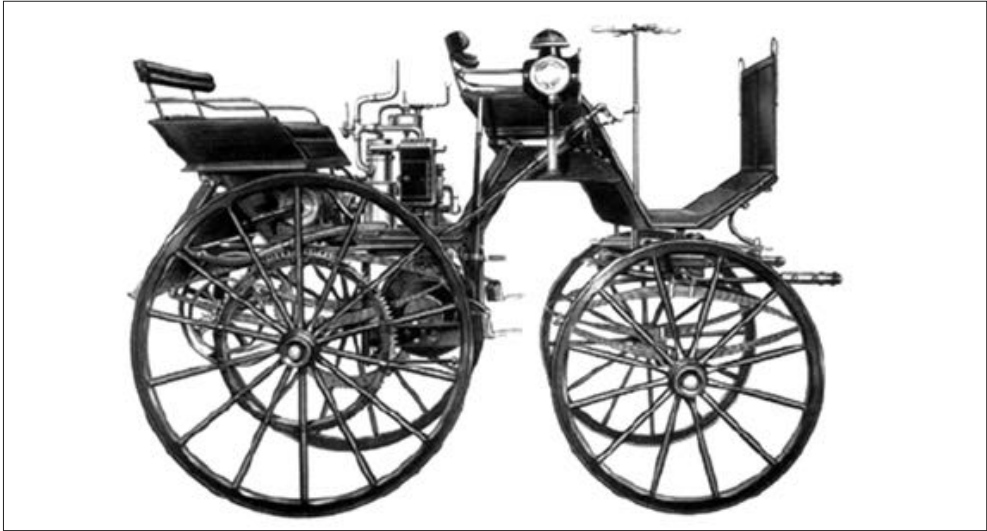


Рисунок 4.6. Автомобиль Даймлера (1886 г.)

Осенью 1891 г. в одесском порту выгрузили двухместный самоходный экипаж фирмы «Панар-Левассор» с двигателем «Даймлер» в 3 л.с., приобретенный во Франции редактором «Одесского листка» В.В. Навроцким Парадокс, но в Российскую империю первый автомобиль... приплыл.

Спустя три года на собственном авто стал раскатывать некий московский купец, а 9 августа 1895 г. первый автомобиль увидели петербуржцы. Это был четырехместный «Моторваген» архитектора А.К. Жигарева, также купленный за границей. При весе немногим более 800 кг маленький автомобильчик двигался со скоростью до 25 верст в час.

Первый в мире автомобиль Карла Бенца

Benz Patent Motorwagen N 1 – первый в мире автомобиль, созданный немецким инженером и изобретателем Карлом Бенцем

Технические характеристики

- 🔧 Масса: 265 кг
- 🏎️ Максимальная скорость – 16 км/ч
- ❄️ Охлаждение: водное
- 🔥 Количество цилиндров: 1
- 📏 Объем: 954 куб. см
- ⚡️ Мощность: 0,9 л. с. при 400 об/мин

ДВИГАТЕЛЬ

- 🔧 Тип: четырехтактный, карбюраторный

В 1906 г. Карл Бенц передал свой автомобиль в немецкий музей в Мюнхене. В 1936 г. была сделана 2 копия автомобиля, которые попали в музей Mercedes-Benz, Технический музей в Вене и Музей транспорта в Дрездене

Хронология создания

- 1885 г. — Разработка конструкции, создание первого движущегося образца
- 29 января 1886 г. — Подача заявки на патент
- 3 июля 1886 г. — Первая публичная демонстрация автомобиля
- 2 ноября 1886 г. — Выдача патента Карлу Бенцу

PIA-ROBUSTEN © 2011 www.ria.ru

Ширина: 1 м 20 см

Высота: 1 м 40 см

Колесная база: 1 м 45 см

Длина: 2 м 40 см

Колеса задние: 1 м 19 см

Рисунок 4.7. Автомобиль Бенца. Германия, 1886 г.

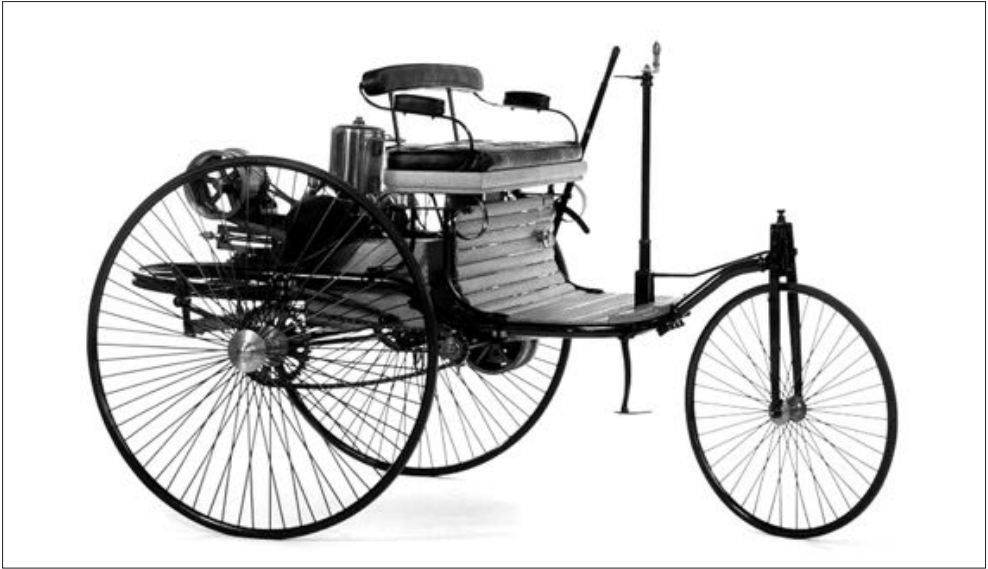


Рисунок 4.8. Трехколесный автомобиль Бенца (1886 г.) в Чикаго.

Первый российский автомобиль появился в 1896 г. Его создатель, отставной лейтенант русского военно-морского флота Е.А. Яковлев, еще в 1884 г. начал эксперименты с двигателями внутреннего сгорания, а пять лет спустя основал в Петербурге первый российский завод керосиновых и газовых моторов. Эти двигатели экспонировались в 1893 г. на Всемирной выставке

В Америке Е.А. Яковлев впервые увидел автомобиль фирмы «Бенц», а также познакомился с соотечественником, фабрикантом конных экипажей П.А. Фрезе.

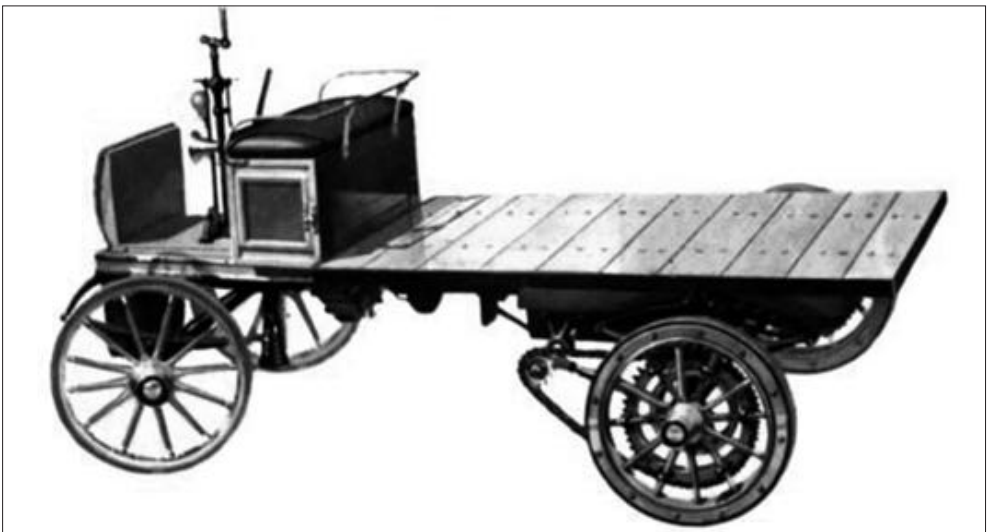


Рисунок 4.9. Грузовик Фрезе. Россия, 1902 г.

Вернувшись в Россию, они объединили свои усилия, и в мае 1896 г. в Петербурге был изготовлен первый автомобиль (мощность двигателя — 2 л.с., скорость — 20 км/ч). В том же году его продемонстрировали на Всероссийской художественно-промышленной выставке в Нижнем Новгороде. К сожалению, спустя два года Е.А. Яковлев умер, и его компаньону пришлось одному продолжать начатое дело. В течение последующих лет на заводе Фрезе были построены первый русский грузовик (рис. 4.8), несколько фургонов для развозки почты (1902 г.), автобус (1903 г.), пожарный автомобиль (1904 г.). Тогда же был изготовлен и один из первых в мире грузовиков с электрической трансмиссией, а в 1902 г. — первый российский троллейбус. В 1910 г. П.А. Фрезе продал свое предприятие «Русско-Балтийскому заводу», и оно стало петербургским отделением «Руссо-Балта». Легковой автомобиль этого предприятия приведен на рисунке 4.10.

Энтузиастов транспортного средства объединило в своих рядах Императорское Российское Автомобильное Общество, организованное в 1903 г. Оно ставило перед собой задачу содействия развитию автомобильного транспорта и спорта и их популяризации. Благодаря усилиям членов общества в 1907, 1908, 1910 и 1913 гг. в Москве и Петербурге прошли международные автомобильные выставки и целый ряд дальних автопробегов. Кроме того, общество заключило соглашение с компанией «Братья Нобель», которая имела довольно обширную сеть оптовых складов своей продукции.

Согласно этому документу, любой автомобилист, состоящий членом клуба, мог, предъявив значок, получить на складах компании бензин, масло и запчасти. Если же в городе некуда было поставить на ночь машину, то ее можно было оставить на складе «Братья Нобель». Правда, эта форма сервиса гарантировала прибежище



Рисунок 4.10. Автомобиль «Руссо-Балт» с кузовом «фаэтон»

только на одни сутки. Без дороги автомобиль становится бесполезной игрушкой. Поэтому можно сказать, что появление нового транспортного средства не заставило дорожников врасплох. Особенно заметен в последнее время постоянно увеличивающийся выпуск легковых автомобилей.

4.2. Классификация автомобильных транспортных средств

Подвижной состав автомобильного транспорта представляет собой автомобильные транспортные средства, предназначенные для транспортирования на них грузов или пассажиров. Под транспортным средством понимается одиночный автомобиль (автобус) или состав транспортных средств.

Автомобильные средства (автомобили) классифицируются по назначению, массе, габаритам, осевым нагрузкам, конструктивной схеме, типу кузова, исполнению, конструктивным признакам и подразделяются на дорожные и внедорожные.

Осевая нагрузка не должна превышать для дорожных автомобилей по усовершенствованным дорогам 10 т на ось, а при движении по другим дорогам — не более 6 т на ось.

Внедорожные автомобильные средства применяются для перевозок по специально построенным карьерным, лесовозным и другим дорогам, а также вне сети дорог.

В зависимости от назначения автомобили подразделяются:

- на транспортные — для перевозки грузов и пассажиров;
- специального назначения (пожарные, спортивные и другие).

Транспортные автомобили делятся на *грузовые, пассажирские и тягачи*. Грузовые автомобили по конструкционной схеме подразделяются на *одиночные* и *автопоезда*. Тягач, соединенный с полуприцепом или прицепом, а также автомобиль, соединенный с прицепом, называется автопоездом. В свою очередь, тягачи подразделяются на автомобили-тягачи, седельные и буксирные тягачи. Прицепной состав различается по числу осей и другим конструктивным особенностям (прицепы-тяжеловесы, активные прицепы, тентованные, низкорамные и др.).

Особую группу составляют пассажирские автомобили, созданные на базе легковых автомобилей (для перевозки почты и др.).

Одним из основных классификационных признаков каждого из видов грузовых автомобилей является их градация в зависимости от грузоподъемности или разрешенной максимальной массы автомобиля. Для потребителей наиболее показательна номинальная грузоподъемность, т.е. полезная нагрузка транспортного средства, установленная его изготовителем.

Грузовой подвижной состав по грузоподъемности делят на пять групп:

1. Особо малые — до 0,5 т.
2. Малые — от 0,5 до 2 т.
3. Средние — от 2 до 5 т.

4. Большие — от 5 до 15 т.
5. Особо большие — более 15 т.

Грузоподъемность автопоезда складывается из грузоподъемности автомобиля-тягача и прицепов (полуприцепов).

Пассажирские автомобили вместимостью до 8 человек, не считая водителя, относятся к легковым, свыше 8 человек — к автобусам. По виду перевозок автомобили и автопоезда делятся на местные и междугородные.

По типу кузова грузовые автомобили делятся:

- на универсальные;
- специализированные;
- самосвалы;
- фургоны;
- цистерны;
- контейнеровозы;
- панэлевозы;
- цементовозы и т.д.

Пассажирские транспортные средства по назначению делятся на автобусы (городские, дальнего следования, общего назначения, экскурсионные) и легковые автомобили (общего пользования — такси, служебные, прокатные и личные).

Основным параметром, определяющим размерность автобусов, является их габаритная длина: особо малые — до 5 м; малые — 6,0–6,5 м и 7,0–7,5 м; средние — 8,0–8,5 м и 9,0–9,5 м; большие — 10,5–11,0 м и 11,5–12,0 м и особо большие — 16,5–18,0 м.

Размерность легковых автомобилей определяется рабочим объемом двигателя: особо малый — 0,9–1,2 л; малый — 1,2–1,8 л; средний — 1,8–3,5 л; высший — свыше 3,5 л.

По конструктивной схеме автобусы подразделяются на одиночные, сочлененные, полуплоскостные и двухэтажные. В зависимости от типа установленных сидений автобусы могут быть жесткими и мягкими.

По природно-климатическому исполнению различают транспортные средства для работы в обычных условиях, на севере, в тропиках, в горных условиях.

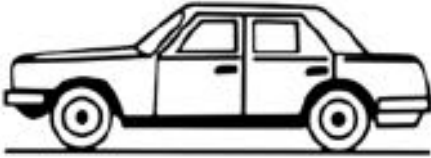
По типу двигателя автомобили делятся на карбюраторные, дизельные, газобаллонные, газотурбинные, электрические.

По проходимости автомобили бывают с ограниченной, повышенной и высокой проходимостью.

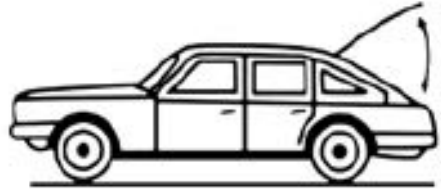
Общее число колёс, в том числе ведущих, через которые передается тяговое усилие, обозначают *колёсной формулой* автомобиля в виде цифр: 4×2; 6×4; 4×4; 6×6 и т.д. Цифры обозначают: первый автомобиль имеет четыре колеса, два из которых ведущие; второй имеет шесть колёс, из которых четыре ведущие, и т.д.

Легковые автомобили по конструктивной схеме делятся на закрытые, открытые и с открывающейся крышей, а также передне-, задне- и полноприводные. По типу кузова различают седан, фээтон, комби, универсал и др. (рис. 4.11).

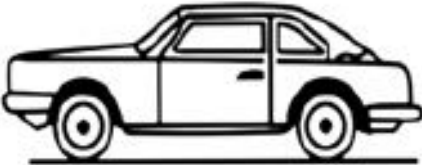
а)



1



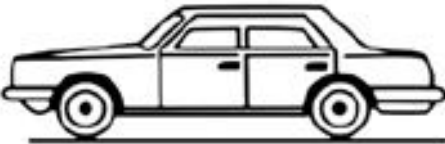
6



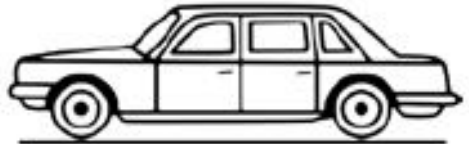
2



7



3



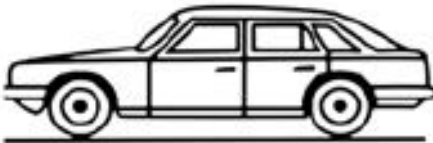
8



4



9



5



10

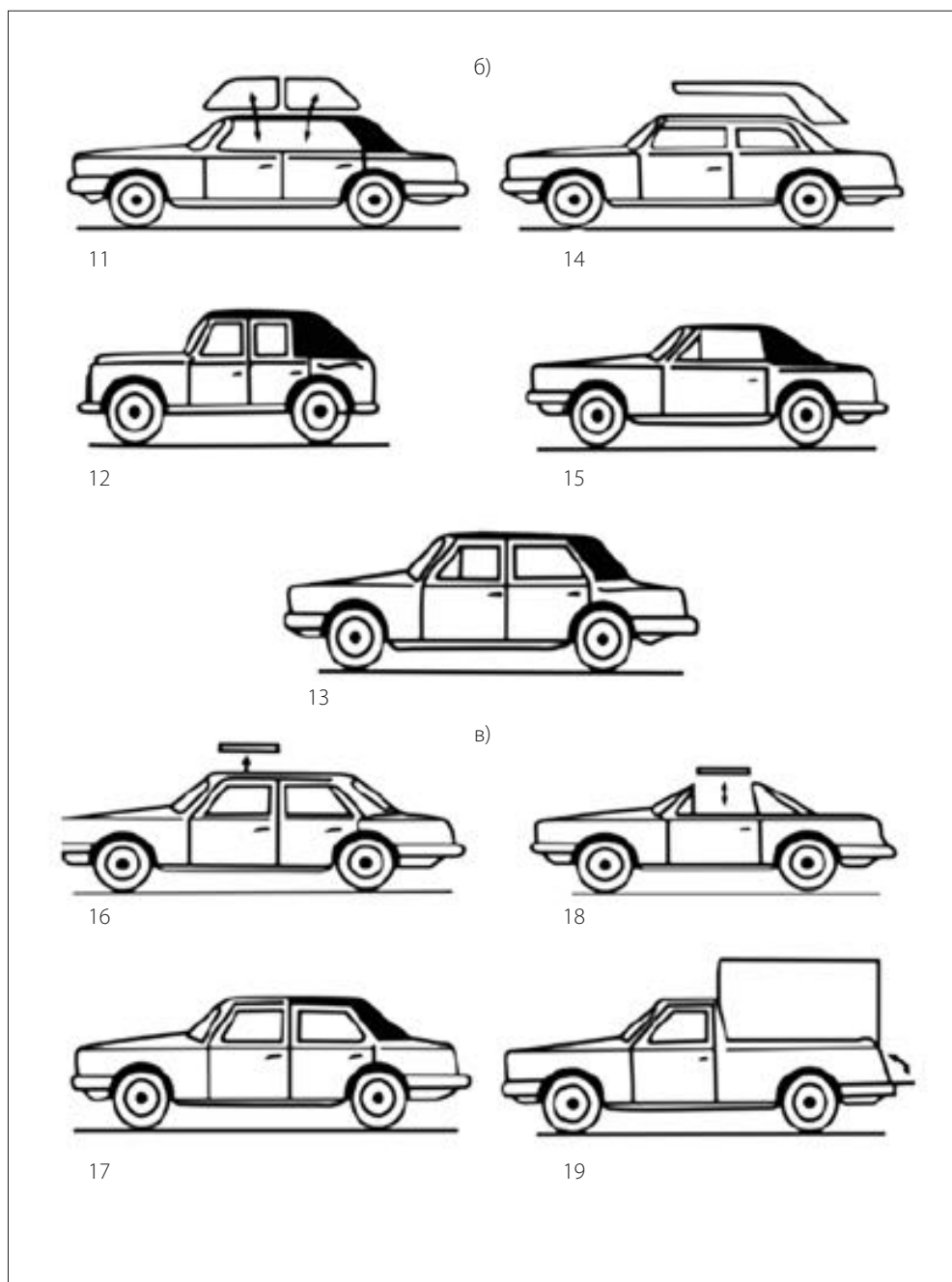


Рисунок 4.11. Типы кузовов легковых автомобилей: а) закрытые: 1 — седан; 2 — купе; 3 — хардтоп-седан; 4 — хардтоп-купе; 5 — фастбек; 6* — комби; 7 — универсал; 8 — лимузин; 9 — безкапотный кузов; 10 — фургон; б) открытые: 11 — фэтон; 12 — фэтон-универсал; 13 — кабриолет; 14 — кабриолет-хардтоп; 15 — родстер; в) комбинированные: 16 — брoгам; 17 — ландо; 18 — тарга; 19 — пикап

Таблица 4.1. Производство автомобилей по странам мира за 2014 год:

Страна	Легковые автомобили	Грузовые автомобили	Общее	% прирост	% общего количества произведенных автомобилей в мире
Аргентина	363,711	253,618	617,329	-22.0%	0.7%
Австралия	145,607	34,704	180,311	-16.5%	0.2%
Австрия	136,000	18,340	154,340	-7.3%	0.2%
Бельгия	481,637	35,195	516,832	2.6%	0.6%
Бразилия	2,314,789	831,329	3,146,118	-15.3%	3.5%
Канада	913,533	1,480,357	2,393,890	0.6%	2.7%
Китай	19,919,795	3,803,095	23,722,890	7.3%	26.3%
Чехия	1,246,506	4,714	1,251,220	10.4%	1.4%
Египет	17,830	9,190	27,020	-30.8%	0.0%
Финляндия	45,000	35	45,035	484.6%	0.0%
Франция	1,495,000	322,000	1,817,000	4.4%	2.0%
Германия	5,604,026	303,522	5,907,548	3.3%	6.6%
Венгрия	224,630	2,400	227,030	2.1%	0.3%
Индия	3,158,215	681,945	3,840,160	-1.5%	4.3%
Индонезия	1,011,260	287,263	1,298,523	7.6%	1.4%
Иран	925,975	164,871	1,090,846	46.7%	1.2%
Италия	401,317	296,547	697,864	6.0%	0.8%
Япония	8,277,070	1,497,488	9,774,558	1.5%	10.8%
Малазия	547,150	49,450	596,600	-0.8%	0.7%
Мексика	1,915,709	1,449,597	3,365,306	10.2%	3.7%
Нидерланды	0	29,807	29,807	2.1%	0.0%
Польша	473,000	120,904	593,904	0.6%	0.7%
Португалия	117,744	43,765	161,509	4.9%	0.2%
Румыния	391,422	0	391,422	-4.8%	0.4%
Россия	1,683,677	202,969	1,886,646	-13.6%	2.1%
Сербия	9,980	695	10,675	-2.1%	0.0%
Словакия	993,000	0	993,000	1.8%	1.1%
Словения	118,533	58	118,591	26.5%	0.1%
Южная Африка	277,491	288,592	566,083	3.7%	0.6%
Южная Корея	4,124,116	400,816	4,524,932	0.1%	5.0%

Страна	Легковые автомобили	Грузовые автомобили	Общее	% прирост	% общего количества произведенных автомобилей в мире
Испания	1, 898, 342	504, 636	2, 402, 978	11. 1%	2. 7%
Швеция	154, 173		154, 173	-4. 3%	0. 2%
Тайвань	332, 629	46, 594	379, 223	12. 0%	0. 4%
Тайланд	742, 678	1, 137, 329	1, 880, 007	-23. 5%	2. 1%
Туркия	733, 439	437, 006	1, 170, 445	4. 0%	1. 3%
Украина	25, 941	2, 810	28, 751	-43. 0%	0. 0%
Великобритания	1, 528, 148	70, 731	1, 598, 879	0. 1%	1. 8%
США	4, 253, 098	7, 407, 601	11, 660, 699	5. 4%	12. 9%
Узбекистан	245, 660	1, 000	246, 660	-0. 4%	0. 3%
Другие	554, 845	107, 240	662, 085	2. 9%	0. 7%
Общее	67, 802, 676	22, 328, 213	90, 130, 889	2. 6%	100. 0%

К числу технико-экономических характеристик автомобиля относятся:

- вместимость (для пассажирских автомобилей);
- грузоподъемность и тип кузова (для грузовых автомобилей);
- максимальная конструкционная скорость движения, км/ч;
- мощность двигателя, кВт (л.с.);
- число всех и ведущих осей;
- полная масса и максимальная нагрузка (давление) на дорогу от отдельных осей;
- габаритная длина, ширина и высота автомобиля или автопоезда.

В отечественной практике, связанной с классификацией АТС, постепенно начинают использоваться обозначения, принятые в международных требованиях по безопасности (Правилах ЕЭК ООН), разрабатываемых Комитетом по внутреннему транспорту Европейской экономической комиссии ООН (таблица 4.2).

В качестве пояснений к таблице 4.2 следует отметить, что полная масса седельного автомобиля-тягача состоит из его массы в снаряженном состоянии, массы водителя и другого обслуживающего персонала, находящегося в кабине автомобиля, и части полной массы полуприцепа, которая передается на седельное устройство тягача. Полная масса полуприцепа состоит из его массы в снаряженном состоянии и грузоподъемности.

Применение в отечественной практике классификации АТС, принятой в Правилах ЕЭК ООН, обеспечивает единообразный и более удобный подход при рассмотрении технической документации на отечественные и зарубежные автотранспортные средства.

Таблица 4.2. Классификация автотранспортных средств, принятая в Правилах ЕЭК ООН

Категория АТС	Тип и общее назначение АТС	Максимальная масса, т	Класс и эксплуатационное назначение АТС
1	2	3	4
М 1	АТС, используемые для перевозки пассажиров и имеющие не более 8 мест (кроме места водителя)	Не регламентируется	Легковые автомобили, в том числе повышенной проходимости
М 2	АТС, используемые для перевозки пассажиров и имеющие более 8 мест (кроме места водителя)	До 5, 0	Автобусы: городские (кл. I), междугородные (кл. II), туристические (кл. III)
М 3	АТС, используемые для перевозки пассажиров и имеющие более 8 мест (кроме места водителя)	Свыше 5, 0	Автобусы: городские, в том числе сочлененные (кл. I), междугородные (кл. II), туристические (кл. III)
М 2 и М 3	Отдельно выделяются маломестные АТС, предназначенные для перевозки пассажиров, вместимостью не более 22 сидящих или стоящих пассажиров (кроме места водителя)	Не регламентируется	Автобусы маломестные, в том числе повышенной проходимости, для стоящих и сидящих пассажиров (кл. А) и для сидящих пассажиров (кл. В)
М 1	АТС, используемые для перевозки пассажиров и имеющие не более 8 мест (кроме места водителя)	Не регламентируется	Легковые автомобили, в том числе повышенной проходимости
М 2	АТС, используемые для перевозки пассажиров и имеющие более 8 мест (кроме места водителя)	До 5, 0	Автобусы: городские (кл. I), междугородные (кл. II), туристические (кл. III)
М 3	АТС, используемые для перевозки пассажиров и имеющие более 8 мест (кроме места водителя)	Свыше 5, 0	Автобусы: городские, в том числе сочлененные (кл. I), междугородные (кл. II), туристические (кл. III)
М 2 и М 3	Отдельно выделяются маломестные АТС, предназначенные для перевозки пассажиров, вместимостью не более 22 сидящих или стоящих пассажиров (кроме места водителя)	Не регламентируется	Автобусы маломестные, в том числе повышенной проходимости, для стоящих и сидящих пассажиров (кл. А) и для сидящих пассажиров (кл. В)



5. АВТОМОБИЛЬНЫЕ ДОРОГИ

5.1. История развития Великого шелкового пути

Наибольшую известность среди караванных путей приобрела сеть маршрутов, названная «Великий шелковый путь» — сеть разветвленных торговых путей (рис. 5.1). Она начала складываться примерно во V–IV веках до нашей эры после открытия морского пути в Индию и Китай. Великий шелковый путь начинался в Аравии и шел через Антиохию и Багдад к Мерву. Далее он продолжался или севернее Тянь-Шаня через Самарканд (Мараканд), Кашгар, Турфан или, выходя в Ферганскую долину и огибая Тянь-Шань с юга, — через Балх, Яркенд и Хотан. У конца Великой китайской стены оба маршрута сливались. Выбор путей караванов зависел от политических ситуаций — упадка или процветания государств, возникновения войн. Установлено, что западной точкой Великого шелкового пути является г. Рим (Италия), а восточной — Чанъань (Китай). Большая территория Евразии была покрыта этой сетью, по которой шел интенсивный обмен материальными и духовными ценностями. Она имела межконтинентальное, континентальное, региональное и местное значения. В действительности, редко кто-либо из торговцев проделывал со своим товаром весь путь, товары передавали от одного торговца к другому в обоих направлениях. Поскольку Шелковому пути не было реальной альтернативы в течение более 1500 лет до тех пор, пока, наконец, дальние морские маршруты не стали достаточно надежными для коммерческого использования, выгоды от использования этого пути в тот период

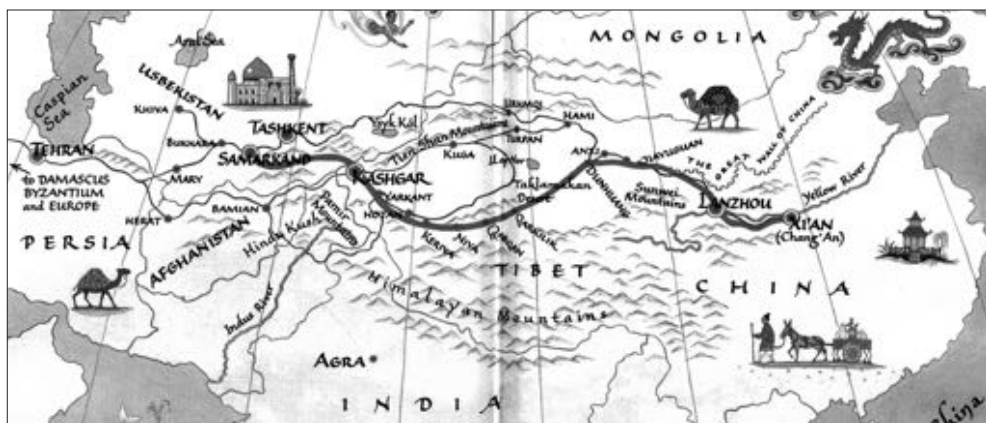


Рисунок 5.1. Карта Великого шелкового пути

были огромными, что отражало не только монопольную власть тех, кто контролировал Шелковый путь, но также и весьма значительные расходы, связанные с путешествием по суше из Китая к Средиземному морю, которое могло продолжаться свыше 2000 дней, а кроме того, и риск подвергнуться нападению грабителей даже тогда, когда политические условия были стабильными, а безопасность, как правило, высокий. Как отмечает историк Гиббон: «Купцы из Самарканда и Бухары закупали у китайцев шелк сырец или обработанный шелк, перевозили его в Персию для нужд Римской Империи. В помпезной столице Китая купцы с караванами из Согдианы принимались в качестве посланников из вассальных государств, и если они возвращались невредимыми, то их рискованное путешествие вознаграждалось огромными прибылями».

Города расположенные на Шелковом пути, такие как Самарканд, сами становились производителями товаров из шелка на экспорт. Китайцы, однако, сумели сохранить монополию на производство шелка сырца еще более чем на 600 лет после открытия шелкового пути несмотря на усилия найти альтернативные источники из-за огромного спроса и ратушей популярности, которой пользовались изделия из шелка в Римской Империи — хотя, как известно, шелк ценился в Риме на вес золота. Согласно преданию, монополия была в конечном итоге нарушена монахами иностранцами, которые вывезли личинки тутового шелкопряда, спрятанные внутри полых трости.

При ведении переговоров с соседними странами транзита и с финансирующими организациями — донорами в отношении улучшения тех или иных транзитных транспортных маршрутов, страны, не имеющие выхода к морю, зачастую приходят к выводу о том, что при правильном проведении анализа затрат и выгод выясняется, что при росте издержек в одной из стран (страны транзита) выгоды могут распределяться между несколькими странами (включая страны, не имеющие выхода к морю). В результате можно прийти к выводу, что проекты, направленные на улучшение качества транзитных маршрутов, могут наиболее успешно осуществляться на региональном уровне так, что приоритеты в отношении проекта и условий могут отражать все преимущества, а также возможности в отношении погашения кредитов всех стран бенефициаров.

В значительной степени новые железные дороги и автомагистрали и другие транзитные маршруты, идущие в южном направлении от республик Средней Азии вполне могут способствовать созданию новых возможностей в области торговли в новых секторах, в интересах не только республик Средней Азии, но и всех соседних стран на севере и на юге. Во всем мире в большинстве случаев взаимоотношения между не имеющими выхода к морю странами и соседями-государствами транзита несомненно имеется значительный практический интерес к сотрудничеству — что является подтверждением того, что двусторонний обмен товарами между такими партнерами может быть взаимовыгодным и что эти страны зачастую должны выполнять по отношению друг к другу роль партнеров по транзиту, когда товары с обеих сторон пересекают их соответствующие территории в виде транзитных грузов. Это, наверняка, будет относиться к товарам из других

стран СНГ, проходящим через республики Средней Азии в направлениях новых рынков сбыта — в Китай, Юго-западной и восточной части Азии, Турцию или Пакистан и через эти государства в другие страны.

В течение многих тысячелетий Великий шелковый путь соединял города и страны Евразии, создавал условия для экономических и культурных связей, позволяя народам умножать материальное и духовное богатство.

5.2. История развития дорог

Постройка искусственных грунтовых дорог в России началась при Петре I. В начале XVIII века он утвердил перечень почтовых трактов, подлежащих сооружению.

В течение всего XIX столетия в России шло совершенствование дорожной сети. В конце 1809 г. было создано Главное управление водными и сухопутными сообщениями. Страну разделили на десять округов, в непосредственном ведении которых находились все работы по постройке, улучшению и содержанию водной и дорожной сети. На эти цели императором Николаем I был даже введен специальный подушный налог. С 1834 г. за проезд по вновь построенным шоссе взимался специальный шоссейный сбор, который имел две категории — летнюю и зимнюю и носил дифференцированный характер в зависимости от числа лошадей, вида экипажа и расстояния пробега.

Существовала и так называемая дорожная повинность: крестьяне были обязаны участвовать в работах по ремонту дорожного полотна и возведению сооружений, доставлять лесные материалы на постройку мостов. При этом лес отпускался местными помещиками.

Постепенно внешний облик дорог приобретал привычный для нас вид. С 1817 г. стали устанавливать деревянные верстовые столбы с характерной раскраской в наклонные черные и белые полосы. Тогда же императорским указом было велено *«при въезде в каждое селение иметь столб с доской, показывающей, как селение сие называется, кому принадлежит и какое имеет число душ»*. В зависимости от категории дорог таблички с надписями на путевых столбах окрашивались в разные цвета. На границах уездов и губерний ставились пограничные столбы.

Дорога Москва — Петербург, построенная в 1830 году, стала первым шоссе России. Она имела ширину примерно 5 м плюс небольшие обочины, песчаное основание 15 см и щебеночную одежду слоем 15–17 см. Позже появились подобные дороги из Москвы на Ярославль, Нижний Новгород, Рязань, Харьков, Варшаву, Киев. В 1896 году Россия имела 50 тыс. км шоссейных дорог и около 290 тыс. км грунтовых дорог. Сибирь была связана с европейской частью России единственным Великим Сибирским трактом.

Образование в 1865 г. Министерства путей сообщения подчеркнуло важность этой сферы для государства и народного хозяйства. С утверждением в 1883 г. деления сухопутных дорог на два класса большинство белорусских дорог попало в первый разряд — общегосударственного значения, к которым были отнесены все дороги западнее рек Днепр и Западная Двина.

После довольно активного периода дорожного строительства в первой половине XIX в. во второй половине наблюдается его спад. Это было связано с реализацией обширной программы строительства железных дорог, что потребовало значительных усилий и крупных затрат. Однако с конца XIX и в начале XX в. прокладка новых шоссе и общее улучшение сухопутных дорог вновь становится одним из приоритетов Министерства путей сообщения и местной администрации.

Хотя продолжалось широкое использование ручного труда, с последней трети прошлого столетия появились и первые дорожные машины. В практике ремонта и строительства дорог стали применяться паровые катки и другие механизмы. Шоссейные дороги делились на участки и обслуживались техниками (на одного приходилось 50–60 км пути), дорожными мастерами (один на 30–35 км) и ремонтными рабочими (на 4–5 км). И все же общее развитие и состояние дорожной сети в царской России явно отставало от требований времени. Вот как охарактеризовал ее в 1914 г. министр путей сообщения С.В. Рухлов, открывая Первый съезд шоссеиных строителей: *«Во всей России всего лишь 4 процента шоссеиных линий, 2 процента мощёных, а свыше 94 процентов находятся почти в таком положении, в каком их создал Бог, то есть в положении, возможном для проезда только тогда, когда условия погоды это допускают»*. Это сдерживало развитие автомобильного дела.

Парадокс, но в начале века обеспеченность железными дорогами была выше, чем благоустроенными шоссе. В 1900 г. соотношение между ними в европейской части Российской империи составило 1 к 0,6, в то время как во Франции, например, соотношение протяженности железных дорог к шоссеиным было 1 к 10.

Развитие торговли во время правления Амира Темура

Особо покровительствовал международной торговле Амир Темура, ставший правителем Мавераннахра в 1370 году. Он выступал за сохранение Великого шёлкового пути и восстановление его трасс через территорию Мавераннахра. С присоединением Хорезма торговля, которая потоком шла через базары Ургенча, теперь вновь была направлена через Самарканд — столицу империи Амира Темура.

В конце 70-х годов Темура направляет свой взор на Хорасан. Через него шёл магистральный путь из Мавераннахра и Китая, с которым в Балхе соединялась дорога из Индии. Вдоль этих дорог были богатые рынки, особенно в Герате, где можно было найти товары Средиземноморья и Хорасана: шёлк и хлопчатобумажные ткани, парчу и платки, войлок и ковры; великолепную бирюзу из Нишапура, ароматические вещества: гранаты, виноград, фисташки и миндаль; а также сталь, изготавливаемую в Герате, хорасанское золото и серебро, рубины и ляпис-лазурь из Мавераннахра. На этих рынках можно было купить лошадей, мулов, овец и верблюдов. В 80-е годы XIV века Хорасан и Герат вошли в состав империи Амира Темура. А с 1389 по 1395 гг. Темура совершил три похода против хана Золотой Орды Тохтамыша, в результате которых была разрушена столица Золотой орды — Сарай Берке (город в низовье Волги), а караванные пути,

проходившие через её территорию, перестали функционировать. После падения Сарая Берке северная межконтинентальная дорога была практически заброшена. Вместо дороги через Сарай, Ургенч и Отрар караваны вновь взяли путь через Герат, Балх и Самарканд. Все последующие походы Амира Темура в Иран, на Кавказ, в Индию и Турцию были направлены на восстановление торговых магистралей Великого шёлкового пути, которые действовали в до монгольское время (т.е. до Чингиз-хана).

В годы правления Амира Темура происходит укрепление торговых отношений с Китаем. Караванная торговля между Средней Азией и Китаем получила новый стимул. По данным, содержащимся в китайском источнике: «Мин шилу» («Записки о событиях в годы правления минских императоров»), в период между 1368–1398 гг. посольства от Амира Темура прибыли в Китай девять раз. В качестве даров в Китай были отправлены лошади, верблюды, бархат, мечи и доспехи. Со своей стороны китайский император отправил подарки из драгоценных камней. Также известно, что в 1394 г. Амир Темура отправляет императору Китая письмо с добрыми пожеланиями в сопровождении «подарка» в качестве 200 лошадей.

В 1404–1405 гг., когда Темура предпринял поход на Китай, обстановка несколько обострилась. Однако уже при его преемниках Шахрухе и Улугбеке наметилось восстановление и активное развитие дипломатических отношений.

Правители в своих посланиях друг другу подчеркивали необходимость укрепления дружеских отношений, развития взаимовыгодной торговли и обеспечения безопасности торговых путей. За период 1403–1449 гг. в Китай прибыли 33 посольства из Самарканда и 14 из Герата.

Прибывавшие в Китай послы различных государств освобождались от уплаты пошлин, кроме того, им бесплатно предоставлялся ночлег, оказывались необходимые услуги и устраивались различные увеселения в течение всего времени их пребывания в Китае.

Даже тогда, когда в результате открытия морских путей основная часть товаров из Китая и Индии стала поставляться по морю, участие среднеазиатских купцов в торговле между Дальним Востоком и странами Передней Азии продолжалось, хотя в значительно меньших объемах. В Среднюю Азию и в период позднего феодализма продолжали поступать китайская шелковая одежда, шелковая ткань и фарфоровые изделия.

По данным Р.Г. Мукминовой, одним из предметов экспорта из Средней Азии по Великому шёлковому пути в этот период являлась ткань занданачи — продукция мастерской, располагавшейся в селении Зандана недалеко от Бухары. Получившая название по месту выработки, она поставлялась через Бухару в ряд стран, в том числе на Кавказ и в Россию.

С XVI в. торгово-дипломатические связи Средней Азии и Китая начали заметно ослабевать. Причинами тому явилось открытие морских путей, усиление межфеодалных войн, обострение политических отношений между государствами Шейбанидов в Средней Азии и Сефевидов в Иране, междоусобицы в Семиречье.

Изоляция среднеазиатских городов от торговых центров других стран имела последствием значительный упадок караванной торговли.

В XIX в. когда внимание Европы было обращено на Туркестан, Великий шёлковый путь уже давно стал легендой. Его «повторное открытие» было случайным результатом политических обстоятельств. В этот раз с тайной миссией по заданию королевы Англии, через заснеженные перевалы Каракорума в Среднюю Азию был отправлен индеец Мухаммад-и Хамид. Он должен был разведать оазисы в Такла-Макане. Это был период столкновения интересов колониальных держав — России и Англии, которые соперничали в укреплении своих владений и расширении сферы влияния в Азии. И первой задачей была разведка местности и составление карт. У англичан появилась интересная идея: использовать индийцев, которые под видом купцов могли без особого труда пересекать границы по пути в Туркестан. Так Мухаммад-и Хамид получил своё задание и отправился в Яркенд. Он не смог довести своё задание до конца, так как заболел и скончался. Однако ему удалось сделать кое-какие записи, в которых содержались сведения о маршруте через Такла-Макан, считавшемся легендой, и о заброшенных, засыпанных песчаными дюнами, городах в пустыне, недалеко от Хотана.

Должно было пройти ещё три десятилетия, прежде чем этим сведениям было уделено более серьезное внимание. С 1900 г. начинаются археологические исследования на Шелковом пути (на «Южном шелковом пути», в Хотане). В них участвовали английские, немецкие, французские, русские и японские ученые.

Были найдены многочисленные шедевры искусства, рукописи на не менее чем семнадцати языках и двадцати четырёх шрифтах, хранящиеся в настоящее время в самых известных музеях мира. Начало первой мировой войны внезапно оборвало эти исследования.

Конец XX века характеризуется уникальными по геополитической значимости и масштабам изменениями в мире. Весь мир становится целостной и взаимозависимой системой.

XXI век, очевидно, будет веком глобализации в международных отношениях. В этих условиях процесс интеграции государств Центральной Азии, расширения участия в международных программах необходимо рассматривать не только как историческую неизбежность, но и как мощный фактор устойчивости, стабильности как отдельных регионов, так и всей планеты.

Одним из неперемennых условий развития общества является активный обмен информацией между народами и цивилизациями. Достижения культуры распространялись 'благодаря контактам между народами — через торговлю, завоевание, переселение. На благодатную почву пересаживались целые культурные пласты, и здесь начинался новый цикл развития в условиях новой исторической действительности: изменение, приспособление, приобретение местных черт, дополнение новым содержанием, развитие новых форм.

Особую роль в этом процессе играли караванные дороги, в частности Великий шёлковый путь, который связывал в древности и раннем средневековье Китай, Индию, Среднюю Азию, Средний и Ближний Восток, Средиземноморье.

В свете этой концепции возрождение традиций Великого шелкового пути имеет важное значение не только для Центральной Азии, но и для всего мира.

Таблица 5.1. Список стран по длине сети автомобильных дорог включает в себя скоростные магистральные дороги с твёрдым покрытием и оформленные грунтовые. Основан на данных Справочника ЦРУ по странам мира.

Таблица 5.1. Список стран по длине сети автомобильных дорог

№	Страна	Дороги(км)	Скоростные дороги (км)	Год
—	Мир	64 285 000		2013
1	США	6 586 610	76 788	2012
2	Индия	4 865 000	1324	2014
3	КНР	4 356 200	111 950	2014
4	Бразилия	1 751 868	11 000	2013
5	Россия	1 396 000	960	2014
6	Япония	1 210 251	7803	2011
7	Канада	1 042 300	17 000	2009
8	Франция	1 028 446	11 100	2010
9	Австралия	823 217	5000	2011
10	Испания	681 298	16 204	2012
11	Германия	644 480	12 917	2014
12	Швеция	572 900	1855	2009
13	Италия	487 700	6700	2007
14	Индонезия	437 759	760	2011
15	Турция	426 900	2127	2014
16	Польша	423 997	3025	2014
17	Великобритания	394 428	3519	2014
18	Мексика	374 262	6279	2013
19	ЮАР	362 099	239	2002
20	Пакистан	260 760	711	2010
21	Бангладеш	239 226	707	2003
22	Аргентина	231 374	734	2004
23	Вьетнам	222 179	734	2004
24	Саудовская Аравия	221 372	1668	2006
25	Филиппины	200 037	1668	2003
26	Румыния	198 817	647	2004

№	Страна	Дороги(км)	Скоростные дороги (км)	Год
27	Нигерия	193 200	1194	2004
28	Таиланд	180 053	450	2006
29	Иран	172 927	1429	2006
30	Украина	169 422	15	2010
31	Колумбия	164 257		2005
32	Венгрия	159 568	911	2005
33	ДРК	153 497		2004
34	Бельгия	152 256	1756	2006
35	Нидерланды	135 470	450	2007
36	Чехия	128 512	730	2007
37	Греция	117 533	948	2005
38	Алжир	108 302	645	2004
39	Австрия	107 262	1719	2012
40	Республика Корея	103 029	4044	2012
41	Ливия	100 024		2003
42	Малайзия	98 721		2004
43	Сирия	97 401	1103	2006
44	Шри-Ланка	97 286		2003
45	Зимбабве	97 267		2002
46	Ирландия	96 602	1224	2003
47	Венесуэла	96 155		2002
48	Белоруссия	94 797	1350	2014
49	Новая Зеландия	93 576	172	2006
50	Норвегия	92 946		2007
51	Буркина-Фасо	92 495		2004
52	Египет	92 370		2004
53	Казахстан	91 563	1250	2013
54	Замбия	91 440		2001
55	Узбекистан	183 496		2014
56	Португалия	82 900	2613	2005
57	Литва	80 715	309	2007
58	Чили	80 505		2004
59	Кот-д'Ивуар	80 000		2006
60	Танзания	78 891		2003
61	Перу	78 829		2004
62	Финляндия	78 821	739	2008
63	Уругвай	77 732		2004

№	Страна	Дороги(км)	Скоростные дороги (км)	Год
64	Дания	72 362	1111	2006
65	Йемен	71 300		2005
66	Швейцария	71 298	1790	2006
67	Уганда	70 746		2003
68	Латвия	69 675		2006
69	Мадагаскар	65 663		2003
70	Кения	63 265		2004
71	Боливия	62 479		2004
72	Гана	62 221		2006
73	Куба	60 858	638	2000
74	Азербайджан	59 141		2004
75	Туркмения	58 592		2002
76	Марокко	57 625	1446	2006
77	Эстония	57 016	104	2005
78	Ангола	51 429		2001
79	Камерун	50 000		2004
80	Монголия	49 249		2008
81	Ирак	44 900		2002
82	Гвинея	44 348		2003
83	Словакия	43 761	384	2006
84	Эквадор	43 670		2006
85	Оман	42 300	1384	2005
86	Намибия	42 237		2002
87	Афганистан	42 150		2006
—	Китайская Республика	40 262		2007
88	Болгария	40 231	620	2005
89	Словения	38 562	658	2006
90	Камбоджа	38 257		2004
91	Сербия	36 875		2006
92	Эфиопия	36 469		2004
93	Коста-Рика	35 330		2004
94	Чад	33 400		2002
95	Мозамбик	30 400		2000
96	Лаос	29 811		2006
97	Парагвай	29 500		2000
98	Хорватия	28 788	1275	2006
99	Таджикистан	27 767		2000

№	Страна	Дороги(км)	Скоростные дороги (км)	Год
100	Мьянма	27 000		2006
—	Пуэрто-Рико	26 186		2007
101	Ботсвана	25 798		2005
102	КНДР	25 554		2006
103	ЦАР	24 307		2000
104	Сомали	22 100		2000
105	Босния и Герцеговина	21 846		2006
106	Ямайка	21 552		2005
107	Грузия	20 329	13	2006
108	Доминиканская Республика	19 705		2002
109	Папуа — Новая Гвинея	19 600		2000
110	Тунис	19 232		2004
111	Никарагуа	19 036		2005
112	Мали	18 709		2004
113	Нигер	18 550		2006
114	Киргизия	18 500		2003
115	Албания	18 000		2002
116	Израиль	17 870	146	2007
117	Республика Конго	17 289		2004
118	Непал	17 280		2004
119	Бенин	16 000		2006
120	Малави	15 451		2003
121	Кипр	14 630	257	2006
122	Гватемала	14 095		2000
123	Руанда	14 008		2004
124	Гондурас	13 600		2000
125	Сенегал	13 576		2003
126	Македония	13 182		2002
127	Исландия	13 058		2007
128	Молдавия	12 666		2007
129	Бурунди	12 322		2004
130	Панама	11 978		2002
131	Судан	11 900		2000
132	Сьерра-Леоне	11 300		2002
133	Мавритания	11 066		2006
134	Сальвадор	10 886		2000
135	Либерия	10 600		2000

№	Страна	Дороги(км)	Скоростные дороги (км)	Год
136	Габон	9170		2004
137	Тринидад и Тобаго	8320		2000
138	Бутан	8050		2003
139	Гайана	7970		2000
140	Катар	7790		2006
141	Армения	7700		2006
142	Иордания	7694		2006
143	Того	7520		2000
144	Черногория	7368		2006
145	Лесото	7091		2003
146	Ливан	6970		2005
147	Восточный Тимор	6040		2005
148	Кувейт	5749		2004
—	Новая Каледония	5622		2006
149	Люксембург	5227		2004
—	Государство Палестина	5147		2006
150	Суринам	4304		2003
151	Гаити	4160		2000
152	ОАЭ	4080		2008
153	Эритрея	4010		2000
154	Гамбия	3742		2004
155	Бруней	3650		2005
156	Свазиленд	3594		2002
157	Бахрейн	3498		2003
158	Гвинея-Бисау	3455		2002
159	Фиджи	3440		2000
160	Сингапур	3262		2006
161	Джибути	3065		2000
162	Белиз	3007		2006
163	Экваториальная Гвинея	2880		2000
164	Багамы	2717		2002
—	Французская Полинезия	2590		1999
165	Самоа	2337		2001
—	Абхазия	2305		2008[2]
166	Мальта	2227		2005
167	Маврикий	2028		2007
168	Маршалловы Острова	2028		2007

№	Страна	Дороги(км)	Скоростные дороги (км)	Год
—	Гонконг	2009		2007
—	Республика Косово	1924		2006
169	Барбадос	1600		2004
170	Соломоновы Острова	1360		2002
171	Кабо-Верде	1350		2000
—	Виргинские Острова (США)	1257		2007
172	Сент-Люсия	1210		2002
173	Антигуа и Барбуда	1165		2002
—	Южная Осетия	1141		2010[3]
174	Гренада	1127		2000
175	Вануату	1070		1999
—	Гуам	1045		2007
176	Коморы	880		2002
177	Сент-Винсент и Гренадины	829		2003
—	Острова Кайман	785		2007
178	Доминика	780		2000
179	Тонга	680		2000
180	Кирибати	670		2000
—	Остров Мэн	500		2008
—	Фареры	463		2006
181	Сейшельские Острова	458		2003
—	Бермуды	447		2007
—	Фолклендские острова	440		2008
—	Макао	384		2006
182	Сент-Китс и Невис	383		2002
183	Лихтенштейн	380		2007
—	Джерси	358		2002
—	Острова Кука	320		2003
184	Сан-Томе и Принсипи	320		2000
185	Сан-Марино	292		2006
186	Андорра	270		1994
187	Микронезия	240		2000
—	Американское Самоа	221		2007
—	Ангилья	175		2004
—	Остров Рождества	140		2007
—	Тёркс и Кайкос	121		2003

№	Страна	Дороги(км)	Скоростные дороги (км)	Год
—	Ниуэ	120		2008
—	Сен-Пьер и Микелон	117		2000
188	Мальдивы	88		2006
—	Остров Норфолк	80		2008
189	Монако	50		2007
—	Гибралтар	29		2007
190	Науру	24		2002
—	Кокосовые острова	22		2006
191	Тувалу	8		2002

5.3. Общая характеристика автомобильных дорог

Автодороги представляют собой комплекс инженерных сооружений, обеспечивающий независимо от времени года, суток и погодных условий возможность непрерывного, безопасного и экономичного движения автомобилей с расчетными нагрузками и скоростями.

Автомобильные дороги классифицируют по различным признакам. В зависимости от административного подчинения, экономического и культурного значения автомобильные дороги разделяются:

- на международные автомобильные магистрали европейской сети, обозначаемые буквой «Е»; магистрали — «М»; республиканские дороги — «Р»; местные дороги;
- внутрипроизводственные (ведомственные);
- городские;
- частные.

По доступности дороги бывают общего пользования и закрытого типа, а общего пользования, в свою очередь, — платные и бесплатные. По типу дорожного покрытия дороги бывают с покрытием и без него (грунтовые).

Основные требования к автомобильным дорогам

Внегородские дороги проектируют по ШНК 2.05.02-07 «Автомобильные дороги», установленным для автомобильных дорог общей сети (табл. 5.2). Для трудных участков пересеченной и горной местности допускается уменьшение расчетных скоростей движения и соответствующее снижение норм проектирования в установленных пределах.

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

Таблица 5.2. Геометрические параметры автомобильных дорог

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

- на дорогах I категории при интенсивности движения 50 привед. авт./сут и более съезжающих или въезжающих на дорогу (соответственно для полосы торможения или разгона);
- на дорогах II, III категорий — при интенсивности движения 200 привед. авт./сут и более. Длина переходно-скоростных полос для разных категорий дорог и режимов движения приведена в табл. 5.3.

Таблица 5.3. Длины переходно-скоростных полос

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

Примечание. При сопряжении переходно-скоростных полос со съездами, имеющими самостоятельные проезжие части для поворачивающих автомобилей, длину переходно-скоростных полос полной ширины допускается уменьшать в соответствии с расчетными скоростями на съездах, но не менее чем до 50 м для дорог 1-б, II категорий и до 30 м для дорог III категории.

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

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

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

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

5.4. Элементы автомобильной дороги

Кратчайшим расстоянием между двумя соединяемыми пунктами является прямая линия, поэтому наиболее целесообразно для движения транспортных средств прямолинейное начертание дорог и улиц. При планировке дорожной и уличной сети возникает, однако, необходимость обхода естественных препятствий, водных пространств, железных дорог, оврагов или возвышенностей, существующих зданий и сооружений. Прямолинейные дороги и улицы большой протяженности создают однообразные монотонные условия движения и утомляют водителей.

На сложном рельефе, в гористой местности неизбежно приходится применять извилистые трассы дорог и улиц. Изменение направления дороги и улицы определяется внешним углом поворота между смежными участками. Для обеспечения плавного поворота транспортных средств смежные прямолинейные отрезки дороги и улицы сопрягаются между собой криволинейными участками, описанными по дуге окружности заданного радиуса.

Значения радиусов кривых принимают в зависимости от назначения дороги или улицы, расчетной скорости движения, характера рельефа и застройки.

Условия движения транспортных средств на кривых участках дорог и улиц ухудшаются по ряду причин. При движении по кривой уменьшается устойчивость автомобиля, так как возникает центробежная сила, действующая во внешнюю сторону и стремящаяся опрокинуть автомобиль (или какое-либо другое транспортное средство) и вызвать поперечное скольжение.

Центробежная сила прямо пропорциональна квадрату скорости движения и обратно пропорциональна радиусу кривой. Чем больше расчетная скорость движения, тем больше должен быть радиус криволинейных участков дорог и улиц. На поворотах небольшого радиуса (меньше 2000 м) кроме того, что возникает центробежная сила, ухудшается управляемость автомобилем и видимость дороги, особенно в лесной местности, в населенных пунктах и выемках.

Если радиус круговой кривой ниже нормы, на протяжении всего закругления устраивают вираж — круговую кривую, имеющую постоянный радиус, а проезжей части и обочинам придают общий односкатный поперечный профиль с уклоном в сторону, обратную действию центробежной силы, — к центру кривой (рис. 5.2).

Уклон проезжей части на вираже делают не менее, чем поперечный уклон покрытия с двускатным поперечным профилем.

На поворотах дороги задние колеса автомобиля проходят по дуге, смещенной по отношению к траектории передних колес. Кроме того, при проезде по закруглению автомобиль занимает полосу проезжей части большей ширины, чем на прямом участке.

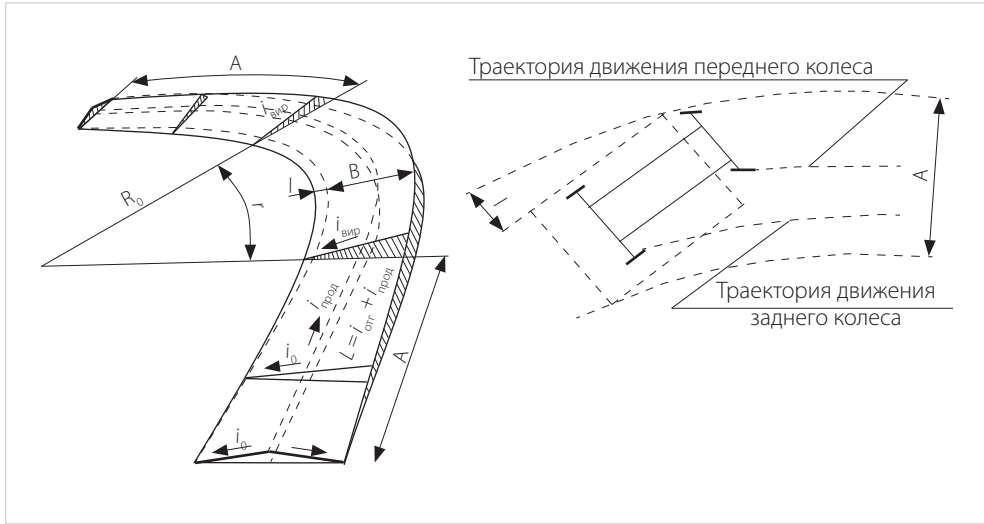


Рисунок 5.2. Схема виража: *A* — участки отгона виража с переходной кривой; *B* — ширина проезжей части; i_0 — поперечный уклон двускатного профиля; $i_{вир}$ — поперечный уклон виража; $i_{отг}$ — поперечный уклон на участке отгона виража; $i_{прод}$ — продольный уклон дороги на вираже; l — уширение; r — круговая кривая; R_0 — радиус закругления

Это вынуждает уширять проезжую часть с внутренней стороны закругления, если радиус его не превышает 1000 м. Поэтому между прямолинейным участком и виражом устраивают переходную кривую, обладающую постепенно изменяющимся радиусом.

Переход к полному уширению происходит постепенно на длине, называемой *отводом уширения* или *отгоном виража*. Переход от нормальной ширины проезжей части к уширенной осуществляют таким образом, чтобы закончить его к началу круговой кривой.

Переходная кривая благодаря переменному радиусу плавно примыкает к круговой кривой, обеспечивает постепенное нарастание центробежной силы и устраняет опасность внезапного бокового толчка при въезде на круговую кривую, позволяет водителю плавно повернуть руль и приспособиться к режиму движения на кривой.

Дорога должна быть запроектирована так, чтобы водитель видел лежащий перед ним участок достаточной длины и мог заметить препятствие на пути, объехать его или остановить автомобиль. Длина такого участка называется расстоянием видимости.

Для каждой категории дороги установлены расчетные расстояния видимости (см. табл. 5.2) и расчетные скорости движения (табл. 5.4).

При проложении автомобильной дороги в горной местности для преодоления крутых подъемов и спусков устраивают особые сложные закругления с большим углом поворота — серпантины. Безопасность движения на кривой снижается вследствие ухудшения удобства управления автомобилем и уменьшения видимости пути впереди водителя. С увеличением скорости движения автомобиля увеличивается расстояние, проходимое с момента обнаружения водителем препятствия до момента остановки. Поэтому с ростом скорости должны увеличиваться расстояние видимости в плане и, следовательно, радиус кривой поворота.

Согласно ШНК 2.05.02-07 «Автомобильные дороги» предусматривается увеличение наименьших радиусов кривых в плане по оси проезжей части со 150 до 800 м при повышении расчетной скорости с 60 до 120 км/ч для улиц разного назначения и скоростных дорог. Рекомендуемые радиусы кривых превышают минимальные в 4–5 раз и более.

Зона видимости, свободная от какой-либо застройки, деревьев и других препятствий, определяется наименьшим расстоянием видимости поверхности проезжей части, изменяющимся от 85 до 250 м при тех же изменениях скорости движения от 60 до 120 км/ч.

Наименьшее расстояние видимости встречного автомобиля должно быть примерно в 2 раза больше.

Ось улицы или дороги, проложенная в натуре на земной поверхности, называется *трассой улицы* или *дороги*. Трасса представляет собой линию в пространстве, так как имеет не только повороты на земной поверхности, но и подъемы и спуски. Проложение трассы на карте или непосредственно на местности осуществляется при помощи геодезических работ и называется *трассированием линии*.

Выбор положения трассы между заданными пунктами зависит от категории дороги, рельефа местности, почвенно-геологических и гидрологических условий, наличия контурных препятствий.

Таблица 5.4. Расчетные скорости движения

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

Выполненное в определенном масштабе графическое изображение горизонтальной проекции трассы называется *планом трассы*.

От плана трассы следует отличать план улицы (или дороги). План улицы представляет собой графическое масштабное изображение горизонтальной проекции улицы в красных линиях со всеми сооружениями, расположенными на улице (проезжие части, тротуары, рельсовые пути, дождеприемные колодцы, озеленение, искусственные сооружения и т.п.).

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

Полосу местности, на которой размещают указанные сооружения, называют *полосой отвода*. С целью экономии земли стремятся назначать минимально возможную ширину полосы отвода с учетом категории дороги. Полоса отвода служит для размещения всех сооружений и обустройства транспортного и дорожного обслуживания дорог.

Нормы отвода земель регламентированы с учетом категории дороги, числа полос движения, высоты насыпи, глубины выемки, характера местности и ее уклона. Во избежание сноса зданий и сооружений при реконструкции дорог с каждой стороны границы отвода выделяют контрольные полосы (полосы отвода), в пределах которых не разрешается возведение зданий и сооружений.

Величина контрольных полос для дорог России устанавливается по согласованию с администрациями регионов. Минимальная ширина контрольной полосы для дорог общегосударственного значения 50 м. Ширина контрольной полосы при прохождении дороги на территории лесопаркового пояса Москвы и Санкт-Петербурга — 150 м, а на подъездах к столицам автономных республик, краевым, областным и крупным промышленным центрам, на обходах крупных городов — 100 м.

На дорогах с интенсивным движением для устранения помех свободному проезду автомобилей с большой скоростью в ряде случаев параллельно основной дороге устраивают отдельные пути для гужевого и тракторного транспорта, для велосипедистов; тротуары и пешеходные дорожки; подземные и надземные переходы.

На современных скоростных автомобильных дорогах встречные потоки движения, как правило, разделяют полосой земли, устраивая две проезжие части; в отдельных случаях проезжие части могут быть размещены на расстоянии одна от другой.

В местах пересечения с другими автомобильными или железными дорогами строят путепроводы и эстакады.

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

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

План дороги — графическое изображение ее проекций (в пределах ширины дорожной полосы) на горизонтальную плоскость, выполненное в уменьшенном масштабе (рис. 5.3).

Дорогу не всегда можно проложить по кратчайшему расстоянию между заданными пунктами. Горы, овраги, озера, реки, болота и другие контурные препятствия приходится обходить, удлиняя трассу и прокладывая ее в виде ломаной линии. В местах изменения направления трассы при обходе препятствия образуется угол поворота. В итоге трасса представляет собой сочетание прямых участков разной длины с плавными кривыми.

Трассу проектируют в виде плавной линии с взаимной увязкой элементов плана, продольного и поперечного профилей между собой и с прилегающей местностью, с оценкой их влияния на условия движения и зрительное восприятие дороги.

Для сохранения окружающего ландшафта при проложении дороги используются принципы ландшафтного проектирования.

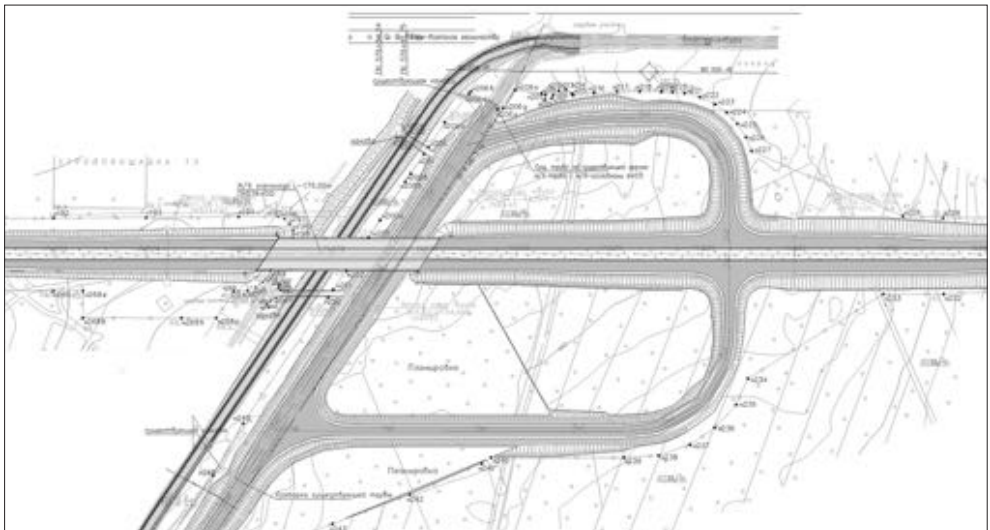


Рисунок 5.3. План автомобильной дороги (условный)

Ландшафтным проектированием называется проложение дороги на местности, обеспечивающее плавность сопряжения между собой элементов трассы и гармоническое сочетание дороги с окружающим ландшафтом. При этом к дорожному ландшафту относятся формы рельефа местности, растительный покров, водные и заболоченные поверхности, а также возникшие в результате деятельности человека сельскохозяйственные угодья, лесные разработки и горные выработки, населенные пункты и промышленные предприятия.

Цель ландшафтного проектирования — создание дороги, обеспечивающей удобство и безопасность движения и не являющейся утомительной для водителей и пассажиров, способствующей сохранению цельности живописного ландшафта.

Ландшафтное проектирование дорог обеспечивает выполнение требования «Об охране окружающей среды». Такое проектирование позволяет прокладывать дороги не только не нарушая сложившихся природных ландшафтов, но и способствуя их украшению и повышению плодородности почвы. Ландшафтное проектирование, как правило, приводит к снижению строительной стоимости дороги за счет уменьшения объемов земляных работ.

Продольный профиль дороги — это выполненное в определенном масштабе графическое изображение вертикальной проекции оси дороги. Продольный профиль дороги (или улицы) является изображением разреза дороги вертикальной плоскостью, проходящей через ось трассы. Продольный профиль характеризует величину проектных уклонов отдельных участков дороги и расположение ее проезжей части относительно естественной поверхности земли (рис. 5.4).

Проектная линия отдельных участков дороги характеризуется продольным уклоном i между двумя точками, т.е. отношением разницы высот h между этими точками к горизонтальному расстоянию между ними l_1 . Продольный уклон определяется тангенсом угла наклона α линии к горизонту:

$$i = \operatorname{tg} \alpha = h/l_1 \quad (5.1)$$

Величина уклона i выражается в процентах, в промилле (тысячных долях) или в относительных единицах: $i = 3\%$, или $i = 30\text{‰}$, или $i = 0,03$. Значение уклона в промилле показывает, на сколько метров повышается или понижается трасса оси дороги на протяжении 1000 м.

Подъемы считаются положительными, а спуски отрицательными уклонами.

При геодезических изысканиях измеряют не горизонтальное расстояние между двумя точками l_1 , а расстояние непосредственно по поверхности земли l .

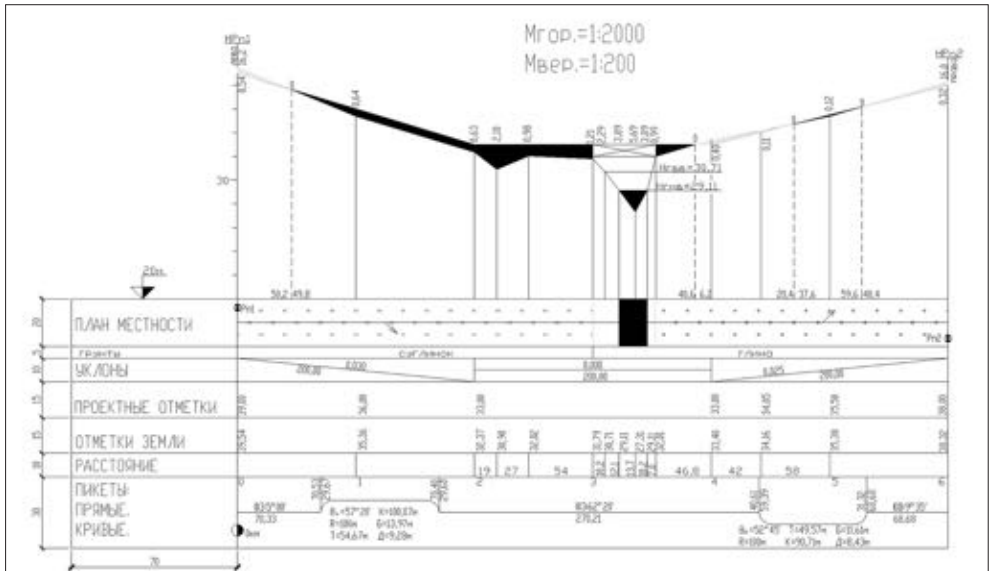


Рисунок 5.4. Продольный профиль автомобильной дороги

Поэтому фактически уклон вычисляется не как tga , а как $sina$:

$$i = sina = h/l \quad (5.2)$$

Учитывая, что угол продольного наклона a трассы дороги не превышает обычно $3... 4^\circ$, можно считать $sina \approx tga$. Продольные уклоны дорог и улиц должны удовлетворять требованиям, соблюдение которых обеспечивает нормальные условия движения автомобиля.

Хотя современные автомобили в состоянии преодолевать на коротких сухих участках значительные подъемы, скорость движения при этом заметно снижается. При скользкой или грязной поверхности дороги скорость движения на подъеме будет еще меньше.

При проектировании продольного профиля дорог и улиц в точках пересечения соседних участков с разными уклонами образуются переломы. Близкое расстояние между переломами продольного профиля и особенно частое чередование подъемов и спусков нарушают удобство движения, так как требуют изменения режима езды, переключения передач, а иногда торможения. Поэтому желательно соблюдать возможно большие расстояния между переломами профиля.

Различают выпуклые и вогнутые переломы профиля. Выпуклые переломы нарушают плавность движения и ухудшают обзор дороги впереди движущегося автомобиля. На вогнутых переломах возникают толчки и перегрузка рессор под действием центробежной силы.

Чтобы избежать ударов, толчков и обеспечить хорошую видимость дороги, перелом продольного профиля смягчают введением вставок вертикальных кривых. Вертикальные кривые устраивают на переломах продольного профиля для плавности и безопасности движения на дорогах I, II категорий при алгебраической разности уклонов 5‰ и более, на дорогах III категории — 10‰ и более, на дорогах IV, V категорий — 20‰ и более.

Расстояние видимости принимается из условия расположения глаза водителя на высоте 1,2 м над осью крайней по ходу полосы движения автомобиля на расстоянии 1,5 м от бортового камня. При реконструкции дорог и улиц, а также при проектировании их в горных и стесненных условиях расстояния видимости и радиусы вертикальных кривых могут быть уменьшены в соответствии с принятой расчетной скоростью движения.

При построении продольного профиля дороги или улицы сначала вычерчивается линия естественной поверхности земли, которая называется черной линией. Черная линия соединяет между собой так называемые черные отметки естественной поверхности земли, абсолютная высота которых над уровнем моря измеряется геодезическими инструментами при изысканиях в натуре или определяется по плану местности в горизонталях.

Естественный рельеф местности, по которой трассируется дорога или улица, не соответствует обычно требованиям проектируемой линии продольного профиля, и возникает необходимость в планировке рельефа путем срезки или подсыпки грунта. Отметки точек проектируемой поверхности называются проектными или красными, а соединяющая их линия проектной или красной линией. Проектная линия показывает положение проектируемой дороги по отношению к поверхности земли.

Разность проектных и черных отметок, вычисленная для одной и той же ординаты продольного профиля, называется рабочей отметкой. Если проектная линия лежит выше линии поверхности земли, дорога проходит в насыпи, если ниже линии поверхности земли — в выемке. Места пересечения проектной линии с линией поверхности земли называют точками с нулевыми отметками. Проектная линия состоит из горизонтальных и наклонных отрезков, соединенных вертикальными кривыми разных радиусов. Если условия местности позволяют, радиусы кривых в продольном профиле делают не менее 3000 м. Длины кривых в продольном профиле принимают следующими: выпуклых не менее 300 м, вогнутых не менее 100 м.

При проектировании дорог и улиц необходимо учитывать, что проектные отметки устанавливаются по верху дорожного покрытия. Поэтому рабочие отметки для насыпей будут фактически меньше на толщину дорожной одежды, а для выемок больше на ту же величину. Для наглядности изображения масштаб чертежа продольного профиля делают разным: горизонтальные расстояния откладывают в масштабе 50 м в 1 см, вертикальные — 5 м в 1 см.

Поперечным профилем дороги называется изображение, полученное сечением дороги вертикальной плоскостью, перпендикулярной оси дороги. Основные параметры поперечного профиля дороги приведены в табл. 5.5.

В поперечном профиле дорог вдоль проезжих частей с обеих сторон устраивают грунтовые полосы — обочины (рис. 5.5).

Таблица 5.5. Основные параметры поперечного профиля дороги

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

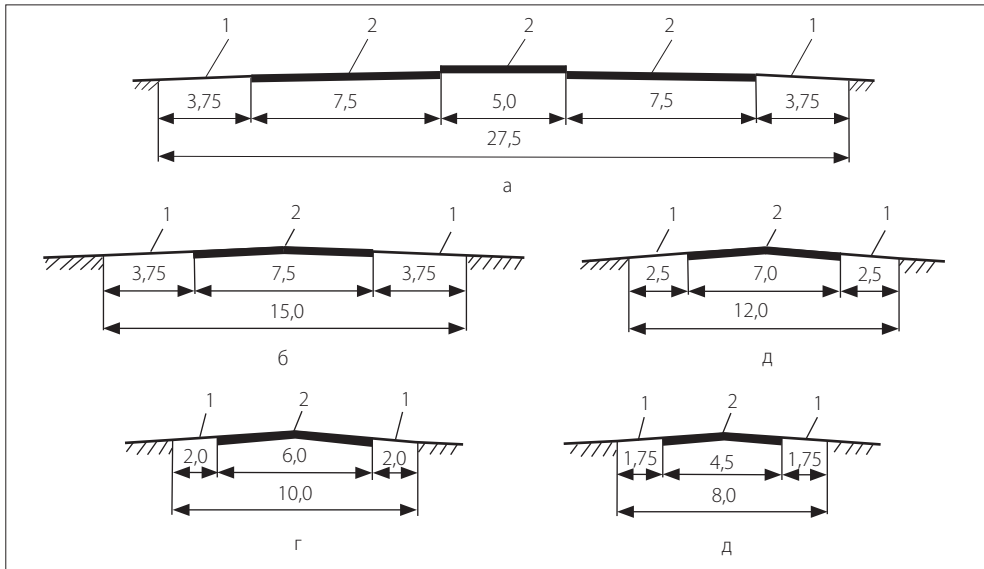


Рисунок 5.5. Типовые поперечные профили автомобильных дорог общей сети (размеры даны в метрах): а — дороги I категории; б — дороги II категории; в — дороги III категории; г — дороги IV категории; д — дороги V категории; 1 — обочины; 2 — дорожная одежда проезжей части

Обочины создают боковой упор для дорожной одежды проезжей части и используются для временной стоянки автомобилей.

Полоса земли, на которой устраивают проезжую часть и обочины, называется земляным полотном. Земляное полотно отделяется от прилегающей местности откосами или боковыми канавами, которые служат для осушения земляного полотна и отвода поверхностной воды. При устройстве земляного полотна в насыпи необходимый грунт подвозят из находящихся вблизи выемок или при его недостатке берут из закладываемых около дороги неглубоких выработок, называемых резервами. Избыточный грунт из выемок укладывают в валы, называемые кавальерами.

Важным элементом автомобильной дороги является проезжая часть, которая позволяет беспрепятственно и безопасно двигаться транспортным средствам с заданной скоростью (рис. 5.б). Проезжая часть должна занимать строго определенное положение, иметь размеры и геометрическое очертание, соответствующее требованиям дорожного движения, достаточно прочную и ровную поверхность.

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

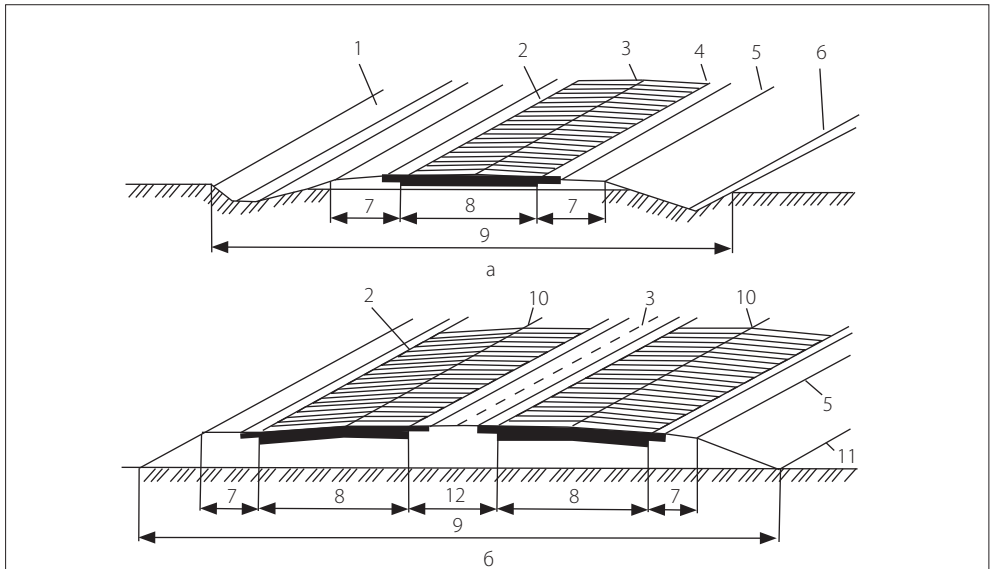


Рисунок 5.6. Элементы поперечного профиля автомобильной дороги: *а* — с одной проезжей частью; *б* — с двумя проезжими частями и разделительной полосой; 1 — внешний откос канавы; 2 — краевая укрепительная полоса; 3 — ось дороги; 4 — кромка проезжей части; 5 — бровка насыпи; 6 — внутренний откос; 7 — обочина; 8 — проезжая часть; 9 — земляное полотно; 10 — ось проезжей части; 11 — откос насыпи; 12 — разделительная полоса

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

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

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

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

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

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

Нормами проектирования автомобильных дорог установлены ширина одной полосы (ленты) движения и наименьшее число полос (лент) для улиц и дорог разного назначения (см. табл. 5.5).

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Наименьшая ширина палисадных перед многоэтажными зданиями 6 м, одноэтажными — 4 м, причем расстояние от наружных стен зданий не должно быть менее

5 м до осей стволов деревьев и уклонами в пределах 5... 50‰. Ширина газонов устанавливается с учетом возможности складывания снега, а также размещения под ними подземных инженерных сетей.

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

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

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

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

Свободную ширину тротуаров следует принимать не менее следующих значений:

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

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

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

Тротуары проектируют выше проезжей части на 15 см, ограждая их бортовыми камнями и придавая им поперечный уклон в сторону проезжей части 10... 15‰. Продольные уклоны тротуаров не должны превышать 60‰. При больших уклонах тротуары и пешеходные дорожки устраивают с лестницами на отдельных участках.

Общая ширина улиц определяется в соответствии с их типовыми поперечными профилями и входящими в них элементами.

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

Общая ширина территории, занимаемой скоростной дорогой при наличии жилых районов с обеих сторон, составляет при таком решении примерно 130... 180 м с учетом устройства тротуаров, местных проездов и зеленых полос (рис. 5.7, а). При наличии жилых районов только с одной стороны скоростной дороги ширина занимаемой ею территории сокращается до 80... 105 м.

Для сооружения пересечений в разных уровнях без ухудшения продольного профиля скоростной дороги ее проезжую часть устраивают в выемке глубиной 3... 5 м. Откосы или подпорные стенки выемки служат одновременно экраном, несколько ограничивающим распространение шума.

Для съезда на скоростную дорогу и выезда с нее у пересечений в разных уровнях устраивают боковые съезды (пандусы), связывающие скоростную проезжую часть с местными проездами. Общая ширина территории, занимаемой скоростной дорогой.

Магистральные улицы общегородского значения с непрерывным движением с устройством всех пересечений в разных уровнях имеют ширину на перегонах в крупных городах 55... 73 м (рис. 5.8).

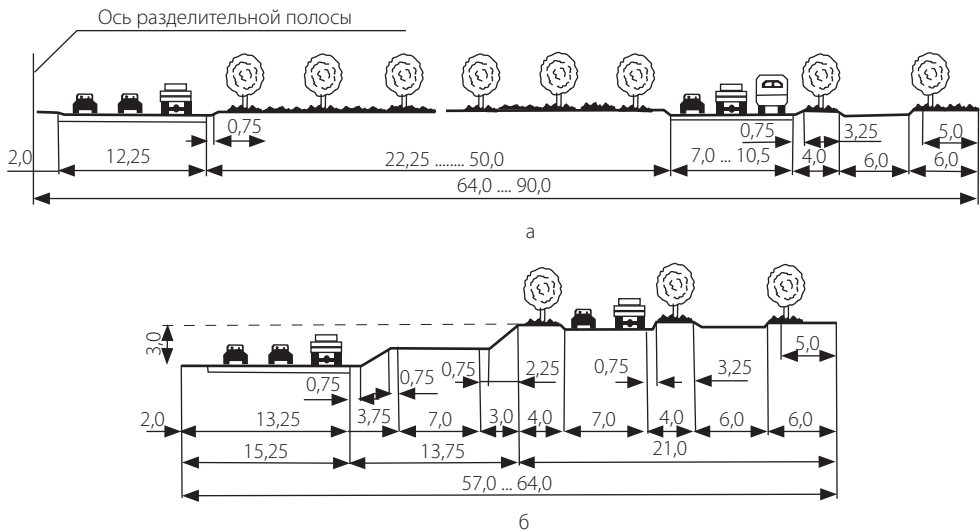


Рисунок 5.7. Поперечные профили городских скоростных дорог (размеры даны в метрах): а — в одном уровне; б — в выемке с учетом пандусов и откосов, составляет примерно 110... 130 м (рис. 5.7, б).

Ширина магистралей непрерывного движения при небольших потоках может быть принята 55 м при сужении ширины тротуаров до 4,5 м и ширины местных и транзитных проезжих частей до двух лент в каждом направлении по 7 м.

При ширине проезжей части в тоннеле с тремя полосами движения в одном направлении по 4 м каждая общая ширина магистралей достигает 73 м.

Магистральные улицы общегородского значения с регулируемым движением на перекрестках в крупных городах могут быть шириной 50... 60 м.

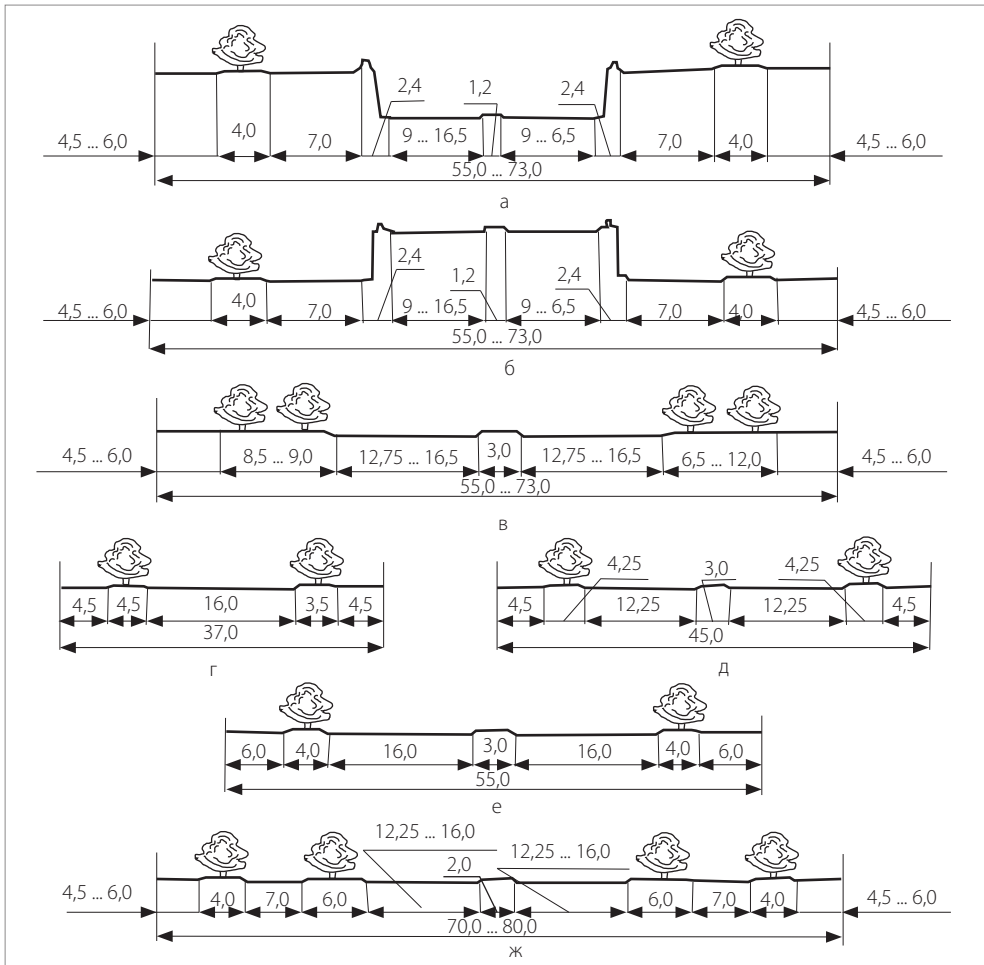


Рисунок 5.8. Поперечные профили магистральных улиц общегородского значения с непрерывным движением (а–в) и с разными размерами движения (г–ж) (размеры даны в метрах): а — на подходах к тоннелям; б — на подходах к эстакадам; в — между пересечениями в разных уровнях; г, д, е — с небольшими, средними и значительными размерами движения соответственно; ж — с местными проездами

При устройстве местных проездов, отделенных от транзитной проезжей части застройкой шириной 6 м, общая ширина магистрали увеличивается до 70... 80 м.

Трамвайная линия на обособленном полотне располагается между транзитным и местным проездами.

Если необходимо предусмотреть полосу разделения между тротуаром и застройкой по 6 м с каждой стороны, общая ширина магистрали может быть увеличена на 12 м.

Ширина поперечного профиля магистральных улиц при потоках может быть уменьшена до 32 м с устройством проезжей части шириной 16 м, тротуаров — 4,5 м, зеленых полос — 3,5 м.

Поперечные профили магистральных улиц районного значения (рис. 5.9) проектируют шириной 24... 41 м в зависимости от расположения застройки прилегающих жилых образований и наличия или отсутствия зеленых насаждений между тротуаром и красной линией. Зеленые полосы могут также располагаться в отступах застройки.

Жилые улицы в районах многоэтажной застройки с выделением полос для остановок автомобилей и палисадников у застройки могут иметь ширину 33... 35 м, а без палисадников — 21... 23 м. В районах малоэтажной и усадебной застройки ширина жилых улиц с подземными водостоками может быть уменьшена до 15 м с одним рядом деревьев. По нормам проектирования ширина улиц в пределах красных линий установлена не менее следующих значений:

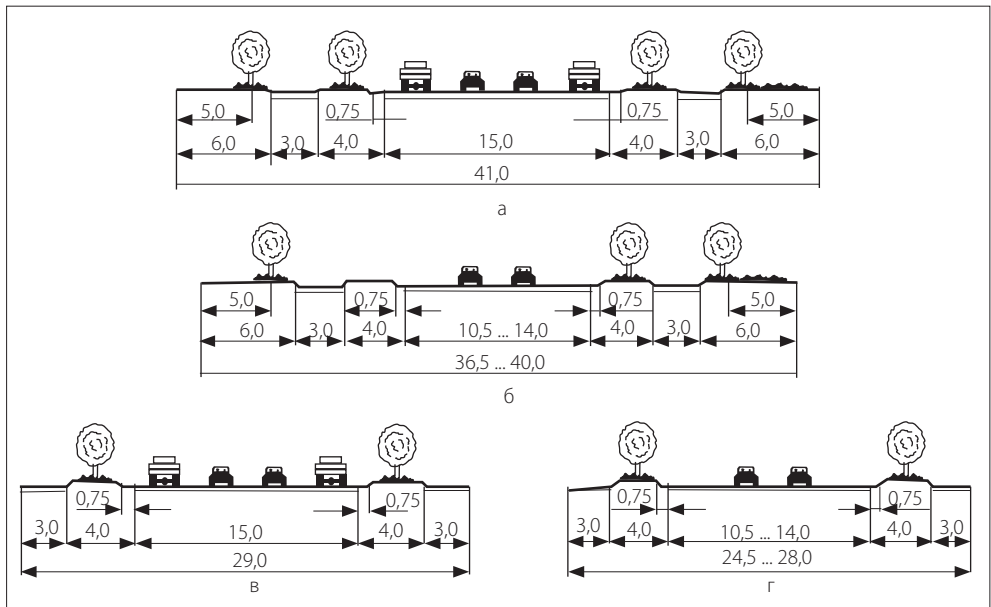


Рисунок 5.9. Поперечные профили магистральных улиц районного значения (а, в) и жилых улиц (б, г): а, б — с зелеными полосами у застройки; в, г — без зеленых полос

- 75 м для магистральных улиц общегородского значения непрерывного движения;
- 60 м для регулируемого движения;
- 35 м для магистральных улиц районного значения;
- 25 м для улиц местного движения при многоэтажной застройке;
- 15 м — при малоэтажной застройке при соблюдении установленных санитарных разрывов между зданиями.

Значения поперечных уклонов проезжих частей улиц и дорог принимают в зависимости от продольных уклонов и типа дорожных покрытий. Величина их изменяется от 15... 25‰ для относительно гладких асфальтобетонных и цементобетонных покрытий до 20... 30‰ для покрытий из брусчатки, мозаики и сборных бетонных или железобетонных плит. В планировочных проектах поперечный уклон проезжих частей принимают обычно усреднено 20‰.

Земляное полотно — конструктивная часть дороги, выравнивающая неровности рельефа местности, служит основанием для дорожной одежды. Земляное полотно можно устраивать в насыпях и выемках; к нему относятся устройства и сооружения, предназначенные для отвода поверхностных и грунтовых вод.

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

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

Конструкция земляного полотна зависит от категории дороги, типа дорожной одежды, природных условий и необходимости обеспечения движения транспортных средств с высокими расчетными скоростями.

Для устройства насыпей можно использовать грунты, состояние которых под влиянием природных факторов практически не меняется или меняется незначительно, не влияя на прочность и устойчивость земляного полотна: скальные или слабо- и легковыветривающиеся неразмываемые горные породы, крупнообломочные, песчаные (за исключением мелких дренирующих и пылеватых песков) породы, легкие крупные супеси. Устойчивость земляного полотна также зависит от правильного расположения разных грунтов в насыпи, их влажности и плотности.

Для повышения несущей способности слабого основания земляного полотна применяют синтетические материалы, укладывая их на грунт перед возведением насыпи. Такие материалы используют также для обеспечения проезда дорожных машин на участках слабых грунтов при малой толщине насыпного слоя из дренирующих материалов; для предохранения зернистых материалов от перемешивания с переувлажненными глинистыми грунтами основания; в качестве фильтра для защиты дренажных конструкций, морозозащитных и дренирующих слоев от заиливания.

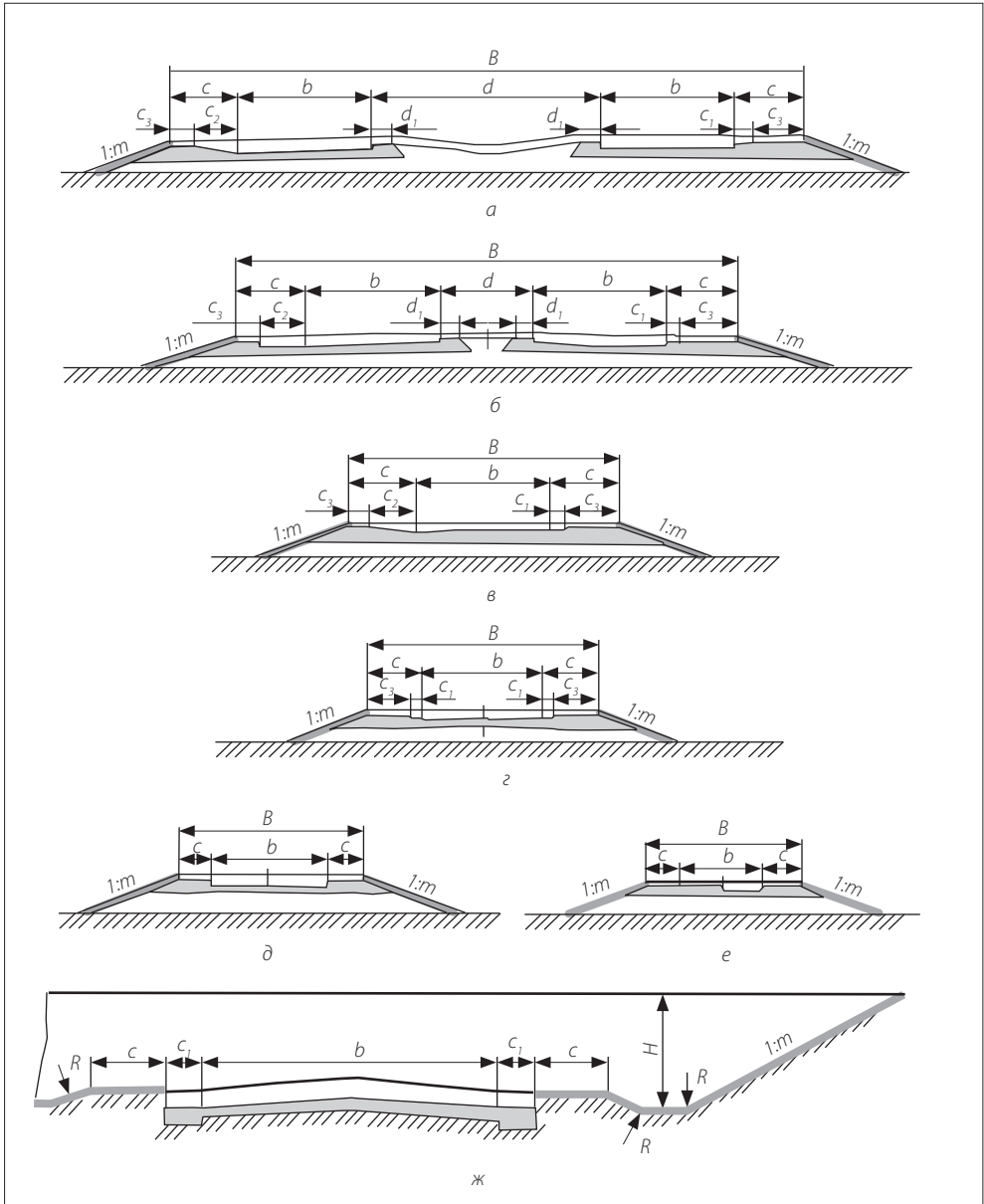


Рисунок 5.10. Типовые поперечные профили земляного полотна: а, б — дорог I категории; в, г — дорог II категории; д — дорог III, IV категорий; е — дорог V категории; ж — дорог в выемке; B — ширина земляного полотна; b — ширина проезжей части; d — ширина разделительной полосы; d_1 — ширина укрепления; c — ширина обочины; c_1 — ширина дренажа; c_2 — ширина укрепительной полосы; c_3 — ширина укрепленной обочины; $1: m$ — уклон откоса; H — глубина выемки; R — радиус

Типовые поперечные профили земляного полотна приведены на рисунке 5.10.

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

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

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

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

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

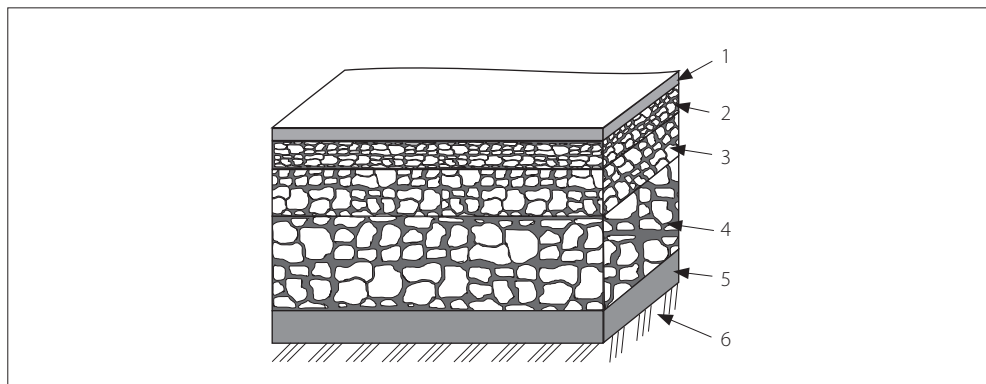


Рисунок 5.11. Дорожная одежда: 1 — слой износа; 2 — верхний слой дорожного покрытия; 3 — нижний слой дорожного покрытия; 4 — основание; 5 — дополнительный слой; 6 — подстилающий грунт

Дорожной одеждой называют многослойную конструкцию, устраиваемую на проезжей части для удобного и безопасного движения транспортных средств с расчетной скоростью. Дорожная одежда состоит из дорожного покрытия, основания и дополнительных слоев (рис. 5.10).

Дорожное покрытие — верхний, наиболее прочный слой дорожной одежды, непосредственно воспринимающий нагрузку от транспортных средств. Дорожное покрытие может быть одно- и двухслойным.

Верхний слой дорожного покрытия благодаря ровной поверхности обеспечивает необходимые транспортно-эксплуатационные качества дороги. Верхний слой дорожного покрытия подвергается непосредственному воздействию колес транспортных средств и атмосферных факторов, поэтому его устраивают из прочных каменных материалов с применением вяжущих.

При малой интенсивности движения дорожные покрытия устраивают из местного грунта, обработанного вяжущим. Для повышения прочности на дорожных покрытиях из слабых каменных материалов устраивают тонкий слой износа из более прочных материалов, называемый защитным.

Основание — несущая часть дорожной одежды, устраиваемая из каменных материалов или грунта, укрепленных вяжущим. Основание вместе с дорожным покрытием передает давление от транспортных средств на расположенные ниже дополнительные слои, а при их отсутствии — непосредственно на грунт земляного полотна.

Дополнительные слои располагают между основанием и грунтом земляного полотна. Дополнительный слой оснований может быть дренирующим, выравнивающим, противозаиливающим, морозозащитным.

Верхний слой земляного полотна, или подстилающий грунт, представляет собой тщательно уплотненный слой, на котором устраивают дорожную одежду. Подстилающий грунт должен быть достаточно прочным; в ряде случаев его укрепляют вяжущим.

Все конструкции дорожных одежд принято подразделять по сопротивлению изгибу на жесткие (цементобетонные) и нежесткие.

По конструкции слои дорожной одежды бывают из сыпучих материалов, уплотненных катками и движением транспортных средств, набирающие прочность в результате уплотнения и развития сил трения (расклинки), удерживающих отдельные частицы в слое; из асфальтобетонных и цементобетонных смесей, образующих монолит после укладки, уплотнения и твердения; сборные цементобетонные покрытия из плит.

Важной характеристикой дорожной одежды является ее технологичность, т.е. свойство, позволяющее использовать наиболее экономичные технологические приемы, комплексную механизацию и поточный метод.

Типы дорожных покрытий регламентированы СНиП 3.06.03-85 «Автомобильные дороги» исходя из категории дороги, следовательно, интенсивности движения и нагрузок транспортных средств (рис. 5.12).

На дорогах I, II категорий (в ряде случаев III и IV) устраивают усовершенствованные дорожные покрытия капитального типа цементобетонные (монолитные и сборные); асфальтобетонные из смесей, укладываемых в горячем состоянии; мостовые из брусчатки и мозаики на бетонном или каменном основании; из смесей подобранного состава, обработанных битумом, с применением прочного щебня и вязкого битума.

Смеси готовят в асфальтосмесительных установках на асфальтобетонном заводе.

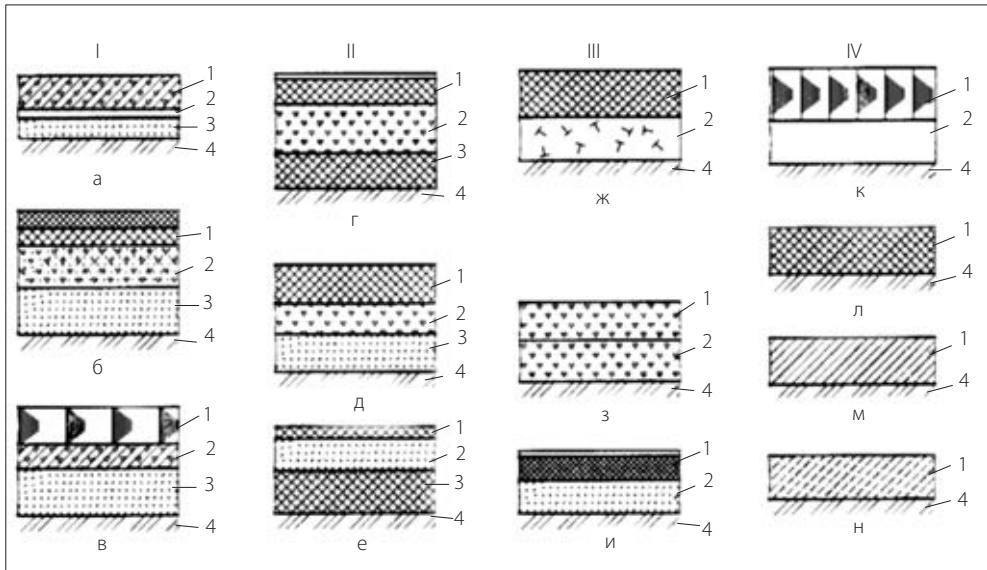


Рисунок 5.12. Конструктивные слои одежд для автомобильных дорог I

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

На дорогах III–V категорий при стадийном строительстве и на дорогах II, III категорий устраивают усовершенствованные облегченные дорожные покрытия: из горячих асфальтобетонных смесей, укладываемых в разогретом состоянии (кроме I дорожно-климатической зоны); из холодных асфальтобетонных смесей, укладываемых в холодном состоянии; устраиваемые по способу пропитки, полупропитки, смешения на дороге.

К усовершенствованным облегченным отнесены также дорожные покрытия из прочного щебня (не содержащего зерен мельче 5 мм), обработанного битумом (дегтем) в установке, а также способом пропитки или полупропитки; из крупно-обломочных материалов (с размером фракций до 40 мм); из песчаных или супесчаных грунтов, обработанных битумной эмульсией с цементом с обязательным устройством поверхностной обработки.

На дорогах IV, V категорий, а при строительстве дорожных одежд в несколько стадий и на дорогах III–V категорий на первой стадии применяют дорожные покрытия переходного типа:

- щебеночные, гравийные, шлаковые, не обработанные вяжущим;
- из грунтов и местных малопрочных каменных материалов, обработанных вяжущими с добавкой или без добавки активных веществ;
- мостовые из булыжного и колотого камня.

Дорожные покрытия низшего типа устраивают на дорогах V категории и на внутрикарьерных дорогах при стадийном устройстве дорожных одежд и на дорогах IV категории при первой очереди строительства. К дорожным покрытиям низшего типа относятся грунты, укрепленные или улучшенные разными местными скелетными материалами, покрытия лежневые, бревенчатые, сплошные и колежные.

5.5. Дорожный водоотвод

Водой, проникающей в земляное полотно дороги, осуществляется размягчение грунта, сильно снижающее способность земляного полотна к восприятию нагрузок. На рисунке 5.13 показаны источники увлажнения земляного полотна.

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

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

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

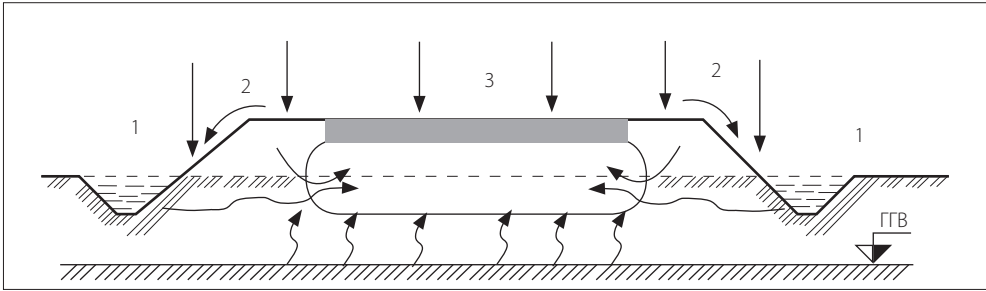


Рисунок 5.13. Источники увлажнения земляного полотна: 1 — подземная грунтовая вода; 2 — вода в кюветах; 3 — атмосферные осадки; ГГВ — горизонт грунтовых вод

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

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

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

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

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

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

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

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

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

5.6. Искусственные сооружения на автомобильных дорогах

На автомобильных дорогах строят водопропускные трубы, мосты, эстакады, путепроводы, тоннели, подпорные и защитные стены. Из этих сооружений наиболее распространены водопропускные трубы и малые мосты. Меньшее распространение получили лотки — сооружения для пропуска воды переливом через земляное полотно.

Водопропускные трубы (рис. 5.14) представляют собой простейшие водопропускные сооружения, которые предназначены для пропуска небольших объемов воды. Их устраивают на пересечениях автомобильной дорогой небольших ручьев, оврагов, лощин, по которым вода стекает только в период дождей и таяния снега; при этом исключено сужение проезжей части и не требуется изменение типа дорожного покрытия. Водопропускные трубы бывают круглого и прямоугольного сечения с отверстием не менее 0,75 м, многоочковые из уложенных рядом нескольких труб (обычно не более четырех). Применяют также водопропускные трубы из стальных гофрированных листов.

Круглая водопропускная труба состоит из следующих элементов: фундамента, основных звеньев и оголовков, поддерживающих откосы насыпи и обеспечивающих плавный вход воды в трубу и выход из нее.

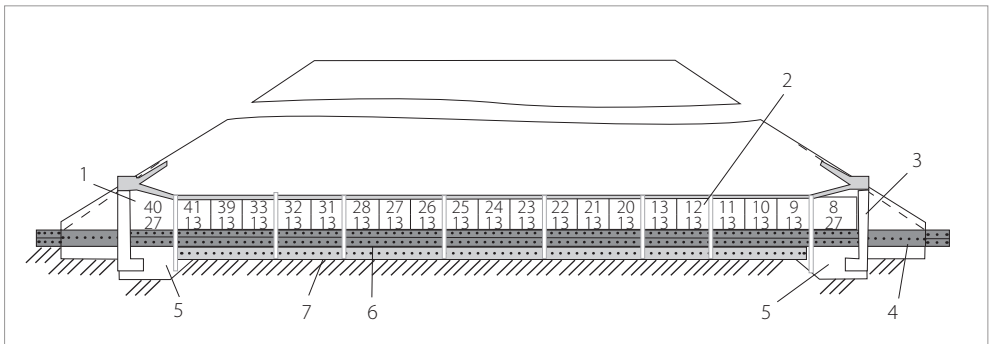


Рисунок 5.14. Водопропускная труба: 1 — коническое звено трубы; 2 — звенья; 3 — порталый блок оголовка; 4 — лоток из монолитного бетона; 5 — песчано-гравийная подготовка; 6 — щебеночная подготовка; 7 — блоки фундамента

Звенья представляют собой отдельные короткие отрезки, которые доставляют с заводов, производящих железобетонные изделия.

Мосты бывают пешеходные, железнодорожные, автодорожные. В ряде случаев мосты строят совмещенными для пропуска автомобильного и железнодорожного транспорта одновременно. При этом движение обоих видов транспорта обеспечивают в одном или разных уровнях, а для пешеходов устраивают тротуары. В зависимости от условий службы мосты могут быть высоководные, разводные, наплавные.

Существуют мосты (рис. 5.15) с ездой поверху — проезжая часть расположена по верху пролетных строений; с ездой понизу — проезжая часть расположена по низу пролетных строений; с ездой посередине — проезжая часть расположена в пределах высоты пролетных строений.

Различают мосты одно- и многопролетные. Однопролетные мосты не имеют промежуточных опор, у мостов многопролетных их несколько.

Сумма расстояний между внутренними гранями опор называется *отверстием моста*. Строительной высотой моста называется расстояние от поверхности дорожного полотна на мосту до самых нижних частей пролетных строений.

Различают основные конструкции мостов: балочные, арочные, рамные, висячие.

В балочных мостах пролетное строение представляет собой балку, лежащую на опорах.

В арочных мостах арка криволинейной конструкции опирается своими концами на опоры.

В рамных мостах пролетные строения жестко связаны с опорами, которые имеют шарнирное соединение с основаниями. В конструкциях рамных мостов пролетные строения работают совместно с опорами, что позволяет облегчить конструкцию моста.

В висячих мостах пролетные строения подвешивают к гибкой цепи, укрепленной на высоких стойках опор. Концы гибкой цепи заделывают в специальные анкеры. Висячими мостами перекрывают большие и судоходные реки.

Искусственные сооружения строят из железобетона, металла, бетона и дерева. Возможна комбинация этих материалов.

Габаритом моста называется предельное поперечное очертание, за пределы которого не должны выступать элементы конструкции моста (рис. 5.16).

Габарит моста обозначают буквой Г и числом, соответствующим ширине проезжей части в пределах моста в метрах. На дорогах I категории при наличии разделительной полосы к величине габарита добавляют ширину этой полосы, обозначаемую буквой С.

Тротуары на мостах устраивают в зависимости от наличия пешеходного движения шириной не менее 1 м. Если пешеходного движения нет, вместо троту-

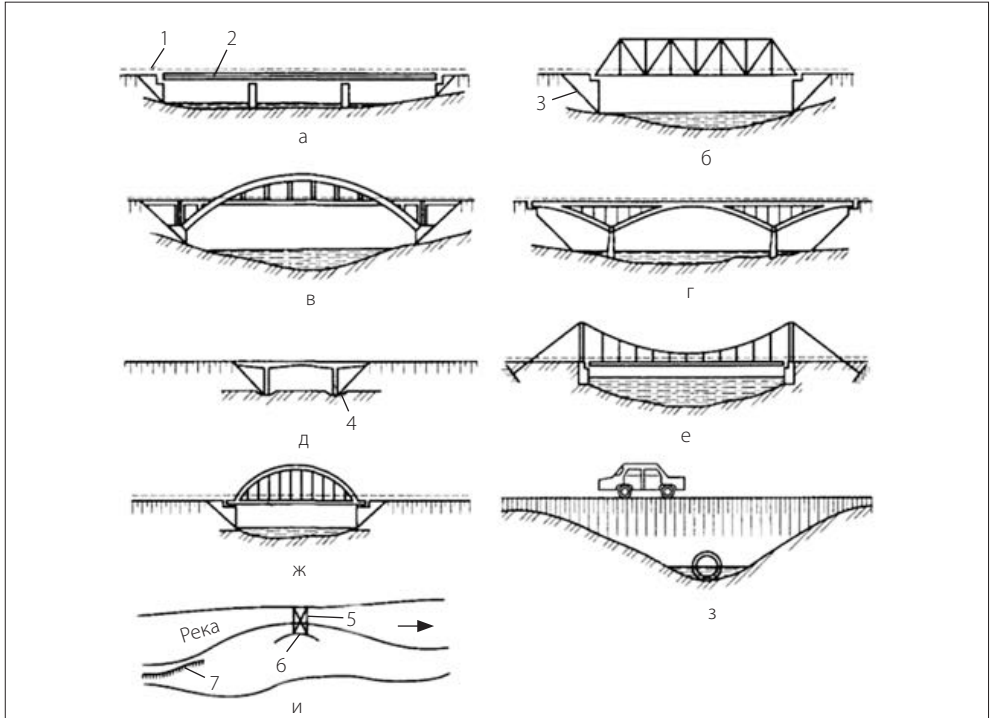


Рисунок 5.15. Искусственные сооружения на автомобильных дорогах:

а — балочный мост с ездой поверху; б — мост со сквозной фермой (езда понизу); в — арочный мост; г — арочно-консольный мост; д — рамный мост; е — висячий мост; ж — мост комбинированной системы (безраспорная арка с балкой жесткости — затяжкой); з — водопропускная труба; и — схема мостового перехода; 1 — настил (подход к мосту); 2 — пролетное строение; 3 — устой; 4 — опора; 5 — мост; 6 — струенаправляющая дамба; 7 — регулиционное сооружение

аров устраивают защитные полосы с каждой стороны проезжей части шириной по 0,25 м.

Для расчета мостов и водопропускных труб временная вертикальная нагрузка от колонны транспортных средств принимается в виде колесных нагрузок Н-30 и НК-80, а для деревянных мостов — Н-10 и Н-60.

Комплекс сооружений на пересечении автомобильной дороги водных и других препятствий называется *мостовым переходом*.

В мостовой переход входят мост, подходы, незатопляемые насыпи. Мостовой переход располагают в пределах полной ширины возможного разлива воды на повышенных частях речной долины — поймы, которая затопляется периодически во время стока талых вод или в некоторых районах при особенно сильных ливнях.

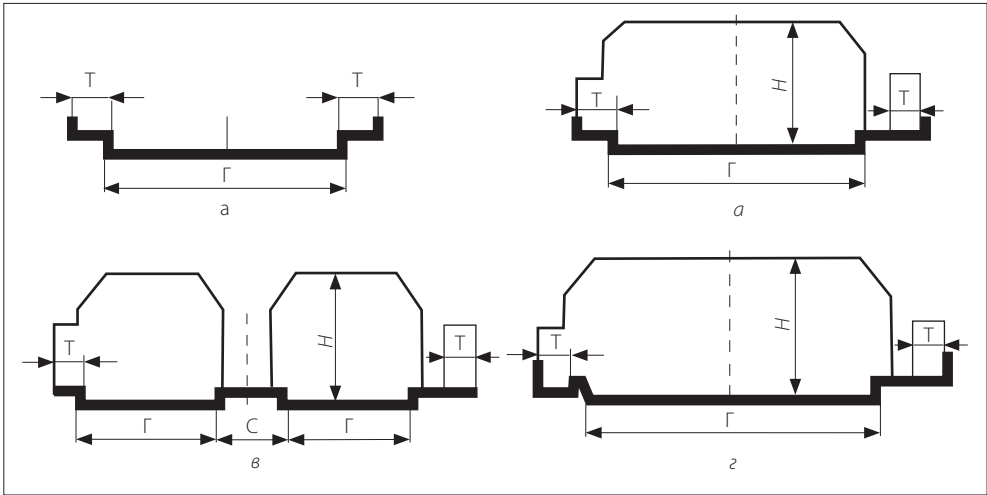


Рисунок 5.16. Габариты мостов на автомобильных дорогах: *а* — для мостов с ездой поверху; *б, в* — для мостов с ездой понизу и под путепроводами и эстакадами при отсутствии разделительной полосы и наличии разделительной полосы соответственно; *г* — по новому проекту; Γ — габарит (ширина) моста; T — ширина тротуара; C — ширина разделительной полосы; H — габарит моста по высоте

Наиболее глубокая часть долины, по которой сток осуществляется круглогодично, называется руслом реки.

Переходы через водотоки классифицируют по типам искусственных сооружений. Для пересечения водотока могут быть применены мост, тоннель, паром.

В горной местности для пересечения ущелий или оврагов глубиной более 20... 25 м строят *виадуки*, которые служат не только для пропуска воды, но и заменяют насыпь там, где ее устраивать очень трудно или даже невозможно.

Для пересечения улицы, железной или автомобильной дороги сооружают *путепровод*. Длинные путепроводы, построенные для того, чтобы поднять дорогу на определенный уровень и оставить под ним пространство для проезда или других целей, называют *эстакадами*.

5.7. Обустройство автомобильных дорог

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

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

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

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

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

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

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

Для повышения безопасности дорожного движения устанавливают дорожные знаки, бордюры безопасности, ограждения, сигнальные направляющие столбики, выполняют разметку дорожных покрытий.

Особым мероприятием является освещение автомобильных дорог. Ночью, как правило, возникает больше дорожно-транспортных происшествий, чем днем, хотя интенсивность движения ночью меньше. Освещение дорог резко снижает число дорожно-транспортных происшествий.

Совершенствование эксплуатации дорог при большой интенсивности движения в современных условиях возможно только при создании систем управления и регулирования дорожного движения.

Современные достижения электроники позволяют использовать приборы для сбора информации о движении, управлять транспортным потоком в пределах отдельных участков или сети дорог, задавая оптимальные режимы движения.

Для правильного и своевременного проведения работ по содержанию и ремонту дорог, инженерных сооружений, организации управления и регулирования дорожного движения необходимо точно знать условия и дорожную обстановку.

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

5.8. Транспортные коридоры

Стремление к удобным и кратчайшим путям на мировой рынок стал стратегически важной задачей.

Коридоры в современном понимании — это, прежде всего, направления, по которым концентрируется перемещение значительных объемов грузов, часто различными видами транспорта. Международные транспортные коридоры обеспечивают, прежде всего, перевозки грузов внешней торговли — экспортно-импортных и транзитных.

Сегодня евразийские страны пришли к пониманию важности формирования в регионе трансконтинентальных транспортных коридоров. Предпосылками к этому послужили такие факторы, как необходимость повышения эффективности транспортных связей между Европой и Юго-Восточной Азией; вовлечение все большего количества центрально- и южно-азиатских стран в торгово-экономические связи между Европой и Юго-Восточной Азией; повышенный интерес инвесторов к богатым сырьевым ресурсам и рынкам государств, находящихся в глубине евразийского материка.

Не менее важным является и то обстоятельство, что автомобильные и транспортные коридоры способствуют росту производства и занятости населения регионов, где пролегают транспортные коридоры. В результате будут развиваться не только транспортная инфраструктура и смежные с ней отрасли, но и социальная сфера.

Европейские транспортные коридоры (рис. 5.17):

- 1) E-40 (граница Республики Казахстан — Кунград — Нукус — Дашховуз — Бухара — Навои — Самарканд — Джизак — Ташкент — граница Республики Казахстан);
- 2) E-60 (граница Республики Туркменистан — Алат — Бухара — Карши — Гузар — Шерабад — Термез — граница Республики Таджикистан).

Транспортные коридоры Азиатских шоссейных дорог (рис. 5.18):

Благоприятной основой для осуществления международных перевозок, стало создание под эгидой Экономической и социальной комиссии по Азии и Тихому Океану ООН сети Азиатских шоссейных дорог протяженностью более 140 тыс. км. Межправительственное Соглашение было подписано 26 апреля 2004 года в г. Шанхае, КНР.

Сеть азиатских шоссейных дорог является одной из важнейших инициатив ЭСКАТО с 1959 г., в рамках которой 32 страны-участницы активно сотрудничают в определении и развитии автодорожных маршрутов международного значения значительной частью пересекающие более одного региона.

Основной целью возрождения Великого шелкового пути является поиск новых путей и возможностей интеграции транспортных систем, налаживание транспортно-коммуникационного коридора Азии и Европы, развитие современной транснациональной дорожной инфраструктуры региона Великого шелкового пути.

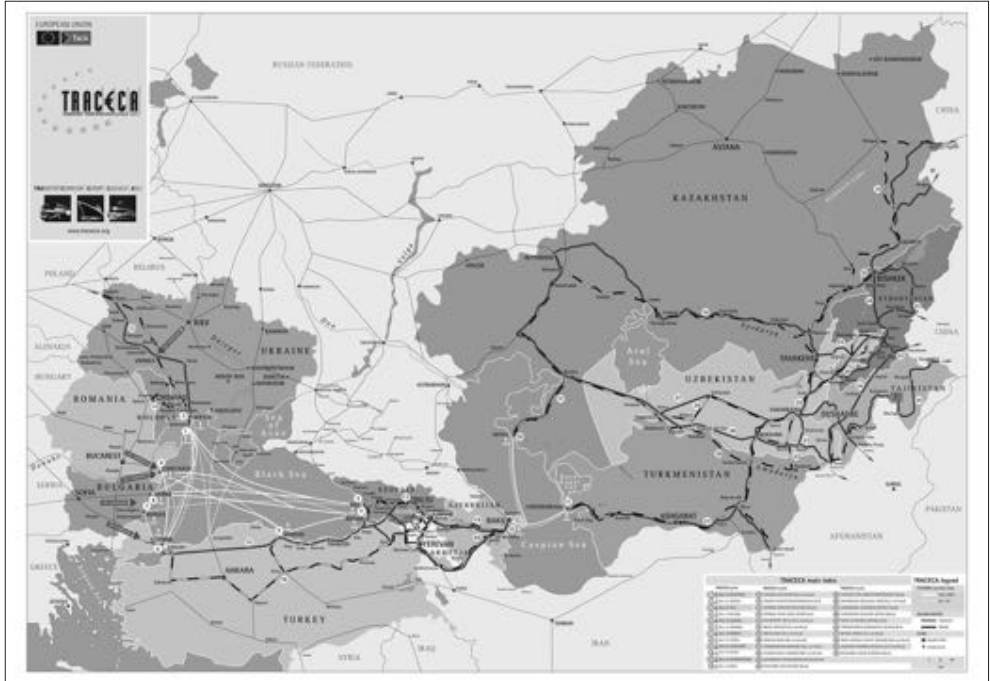


Рисунок 5.17. Маршруты ТРАСЕКА

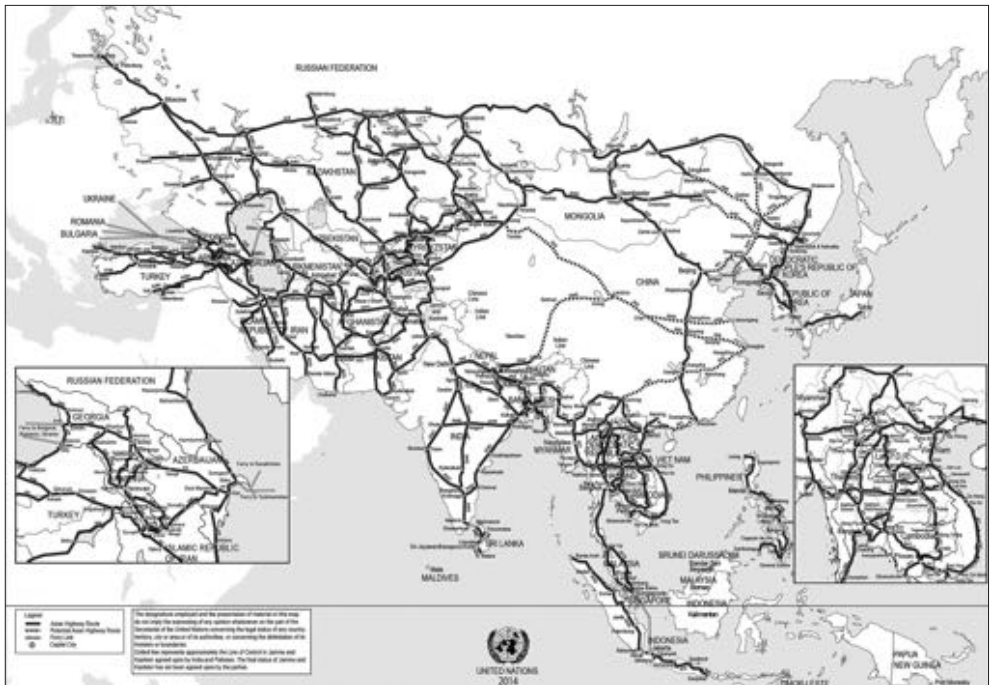


Рисунок 5.18. Азиатская сеть автомобильных дорог (АСАД)

Необходимость строительства данного маршрута возникла в результате создавшихся внешних и внутренних предпосылок. Внешние предпосылки обусловлены образованием новых государств на территории бывшего Советского Союза и стран Восточной Европы, ускоренным ростом экономического потенциала в Восточной Азии, которая предопределила существенное изменение соотношения сил в мировом экономическом пространстве. В настоящее время на Азию приходится четверть всего мирового производства, а в ближайшем будущем эта величина достигнет одной трети.

Придавая важное значение развитию современной транснациональной дорожной инфраструктуры региона Великого шелкового пути, а также выработке единой технической политики и объединению усилий государств региона по налаживанию транспортно-коммуникационного коридора между Азией и Европой, в последние годы правительствами разных стран мира подписан ряд международных соглашений и другие основополагающие документы.

В 1992 г. экономическая и социальная комиссия для стран Азии и Тихого океана (ЭСКАТО) одобрила развитие инфраструктуры наземного транспорта, состоящей из Азиатских автомобильных дорог и Трансазиатских железных дорог. Начало формированию проекта Азиатских автомобильных дорог в рамках Межправительственного соглашения о сети Азиатских автомобильных дорог было положено ноябре 2003 г. Большинство стран-участников ЭСКАТО относятся к развивающимся и не могут нести высокие затраты на строительство обширной сети. В силу этого сети Азиатских автомобильных дорог должны быть сконцентрированы на развитии и модернизации существующих региональных дорог.

Большую часть сети Азиатских дорог — приблизительно 82% составляют дороги с двумя или более полосами движения с жестким покрытием. Приблизительно 7% — т.е. около 10 000 километров от общей длины дороги составляют без покрытия. Азиатские маршруты дорог от АН1 до АН9 — маршруты, которые пересекают более чем четыре подрегиона. Эти маршруты играют важную роль в межрегиональных транспортных коммуникациях. Существует четыре подрегиона: Юго-Восточная Азия, Южная Азия, Центральная и Юго-Западная Азия и Восточная Азия.

Из 32 государств, входящих в состав сети Азиатских дорог, только 18 стран (которые имели данные о состоянии дорог в базе ЭСКАТО) были выбраны для анализа экономического влияния усовершенствования и модернизации дорог на межрегиональную торговлю в регионе. Чтобы спрогнозировать стоимость усовершенствования и модернизации дорог в странах Азиатской сети дорог, была использована модель прогнозирования регионального уровня.

Азиатская сеть автомобильных дорог (АСАД) пересекает территории 32 государств — протяженностью около 140 000 км. Она начинается с Японии — г. Токио и достигает границ Финляндии, г. Хельсинки и Болгарии — г. София. Сеть проходит, главным образом, через существующие дороги азиатских стран. Азиатские

дорожные стандарты включают Класс 0 (Primary), Класс I, Класс II и Класс III, которые определены, согласно классификации ландшафта, проектной скорости, ширины земляного полотна, минимального радиуса горизонтальной кривой, поперечного уклона покрытия, типа покрытия, виражей и продольного уклона. В табл. 5.6 изложены рекомендуемые стандарты для сети Азиатских дорог. Приведены требования к проектным скоростям, типу местности, геометрическим параметрам, радиусам кривых плана, поперечному уклону, типу покрытия и максимальному продольному уклону. Минимальное требование, которому должна удовлетворять Азиатская сеть дорог, — соответствие Классу III. Согласно Азиатским стандартам дорог, предложено, что Класс III должен быть применен в условиях ограничения финансирования на строительство. Два основных приоритета, которые Азиатские государства — члены сети дорог должны выполнить — это: 1) улучшать состояние дорог, где это необходимо, в первую очередь, Класс 1, Класс II и Класс III, которые покрывают 72% всей сети; 2) модернизировать остальные 28% сети до Класса III, хотя предпочтительно до Класса II. Маршруты и характеристики азиатских дорог изложены в табл. 5.7.

Таблица 5.6. Дорожные Стандарты АСАД

№.	Страна	Маршрут №	Длина, км
1	2	3	4
1	Афганистан	АН1, АН7, АН62, АН71, АН76, АН77	4,247
2	Армения	АН81, АН82, АН83	958
3	Азербайджан	АН5, АН8, АН81, АН83	1,442
4	Бангладеш	АН1, АН2, АН41	1,804
5	Бутан	АН48	1
6	Камбоджа	АН1, АН11	1,339
7	Китай	АН1, АН3, АН4, АН5, АН6, АН14, АН31, АН33, АН34, АН42, АН61, АН65, АН67, АН68	25,579
8	Северная Корея	АН1, АН6, АН32	1,320
9	Грузия	АН5, АН81, АН82	1,154
10	Индия	АН1, АН2, АН42, АН43, АН45 — АН47	11,432
11	Индонезия	АН2, АН25	3,989
12	Иран	АН1, АН2, АН8, АН70, АН71, АН72, АН75, АН78, АН81, АН82	11,152
13	Япония	АН1	1,200
14	Казахстан	АН5, АН6, АН7, АН60 — АН64, АН67, АН68, АН70	13,189
15	Кыргызстан	АН5, АН7, АН61, АН65	1,695

№.	Страна	Маршрут №	Длина, км
1	2	3	4
16	Лаос	АН3, АН11, АН12, АН13, АН15, АН16	2,297
17	Малайзия	АН2, АН18	1,595
18	Монголия	АН3, АН4, АН32	4,286
19	Бирма	АН1, АН2, АН3, АН14	3,003
20	Непал	АН2, АН42	1,321
21	Пакистан	АН1, АН2, АН4, АН7, АН51	5,377
22	Филиппины	АН26	3,517
23	Южная Корея	АН1, АН6	907
24	Российская Федерация	АН3, АН4, АН6, АН7, АН8, АН30, АН31, АН60, АН61, АН63, АН64, АН70	16,869
25	Сингапур	АН2	19
26	Шри-Ланка	АН43, АН44	650
27	Таджикистан	АН7, АН65, АН66	1,925
28	Таиланд	АН1, АН2, АН3, АН12, АН13, АН15, АН16, АН18, АН19	5,112
29	Турция	АН1, АН5, АН84, АН85, АН86, АН87	5,254
30	Туркменистан	АН5, АН70, АН75, АН77, АН78	2,204
31	Узбекистан	АН5, АН7, АН62, АН63, АН65	2,966
32	Вьетнам	АН1, АН14, АН15, АН16	2,678

Таблица 5.7. Маршруты и характеристики азиатских дорог

Маршрут №	Длина дороги, км	С покрытием		Без покрытия	Судоход	Пропущенные	Не известно	Общие участки
		полосы движения более 2х	одна полоса					
1	2	3	4	5	6	7	8	9
АН1	20 557	19 138		216		21		
АН2	13 177	9 623		216		0		
АН3		4 655		978		0		
АН4	6 024	4 097	0	714	0	0	0	1 213
АН5		9 842	0	0	0	0	0	538
АН6		9 285	0	267	0	0	855	68
АН7		5 160	0	145	1	0	0	562
АН8	4 718	4 244	0	126	0	0	0	348

Маршрут №	Длина дороги, км	С покрытием		Без покрытий	Судоход	Пропущенные	Не известно	Общие участки
		полосы движения более 2х	одна полоса					
1	2	3	4	5	6	7	8	9
АН11		1 541	0	46	1	0	0	0
АН12		1 170	0	25	0	0	0	0
АН13	730	0	0	0	1	45	684	0
АН14	2 077	1 891		0		0		
АН15		394		0		0		
АН16	1 032	947	84	0	1	0	0	0
АН18	1 042	1 042		0		0		
АН19	459	459		0		0		
АН25		2 523		0		0		
АН26	3 517	2 979	0	388	150	0	0	0
АН30	2 739	1 231		1 508		0		
АН31	1 595	1 595		0		0		
АН32		1 534	0	2 117	0	0	60	37
АН33		575	0	0	0	0	0	0
АН34	1 033	1 033	0	0	0	0	0	0
АН41		675	110	0	2	0	0	161
АН42		3 155	0	492	0	0	0	107
АН43		2 911	113	0	0	0	0	0
АН45	2 030	1 937		0		0		
АН46		1 513		0		0		
АН47	2 057	2 057	0	0	0	0	0	0
АН48	1	1		0		0		
АН51	862	837		0		0		
АН60		2 136		0		0		
АН61	4 158	3 744	189	191	0	0	0	34
АН62	2 722	1 489		375		0		
АН63	2 434	1 996		438		0		
АН64		1 311	0	23	0	0	0	332
АН65	1 250	1 023	0	227	0	0	0	0
АН66		854	0	108	0	33	0	0
АН67		1 534	0	0	0	0	0	754

Маршрут №	Длина дороги, км	С покрытием		Без покрытий	Судоход	Пропущенные	Не известно	Общие участки
		полосы движения более 2х	одна полоса					
1	2	3	4	5	6	7	8	9
АН68	278	278	0	0	0	0	0	0
АН70		3 042	25	277	0	0	0	1 488
АН71		162	0	264	0	0	0	0
АН72	1 147	1 147		0		0		
АН75		1 871		0		0		
АН76	986	327	0	659	0	0	0	0
АН77	1 298	315		983		0		
АН78		1 076		0		0		
АН81	1 143	1 003	0	0	0	0	0	140
АН82	1 261	1 071		0		0		
АН83		172		0		0		
АН84	1 188	1 188	0	0	0	0	0	0
АН85		338	0	0	0	0	0	0
АН86		247	0	0	0	0	0	0
АН87		606	0	0	0	0	0	0
Общее	151 803	125 081	2 312	10 783	200	99	2 004	11 324
Общее (%)		82%	2%	7%	0%	0%	1%	7%

Автодорога общего пользования международного значения А-380 Гузар — Бухара — Нукус — Бейнеу имеет общую протяженность 1204 км и проходит по территориям 4 регионов: Кашкадарья — 150 км, Бухара — 289 км, Хорезм — 113 км, Каракалпакстан — 652 км. Являясь опорной сетью страны, она обеспечивает надежные внутриобластные, межобластные и международные транспортные связи. Проектный участок входит в состав международных транспортных коридоров, таких как Е-40, АН-63 Трасека-27, Трасека-28 и является важным участком, обеспечивающим выход в северном и северо-западном направлениях. Автодорога в целом формирует часть восточно-западного транспортного коридора, позволяющего эффективно интегрировать в международную транспортную систему по северному и северо-западному направлениям в страны СНГ и Европы, в юго-западном и южном направлениях — к портам Персидского Залива и Черного моря. Длина маршрутов Азиатской сети дорог для оценки стоимости усовершенствования и модернизации изложена в таблице. 5.8.

Таблица 5.8. Длина маршрутов АСАД

№	Страна	Маршрут №	Длина, км
1	2	3	4
1	Афганистан	АН1, АН7, АН62, АН71, АН76, АН77	4,247
2	Армения	АН81, АН82, АН83	958
3	Азербайджан	АН5, АН8, АН81, АН83	1,442
4	Бангладеш	АН1, АН2, АН41	1,804
5	Бутан	АН48	1
6	Камбоджа	АН1, АН11	1,339
7	Китай	АН1, АН3, АН4, АН5, АН6, АН14, АН31, АН33, АН34, АН42, АН61, АН65, АН67, АН68	25,579
8	Северная Корея	АН1, АН6, АН32	1,320
9	Грузия	АН5, АН81, АН82	1,154
10	Индия	АН1, АН2, АН42, АН43, АН45 - АН47	11,432
11	Индонезия	АН2, АН25	3,989
12	Исламская Республика Иран	АН1, АН2, АН8, АН70, АН71, АН72, АН75, АН78, АН81, АН82	11,152
13	Япония	АН1	1,200
14	Казахстан	АН5, АН6, АН7, АН60 - АН64, АН67, АН68, АН70	13,189
15	Кыргызстан	АН5, АН7, АН61, АН65	1,695
16	Лаос	АН3, АН11, АН12, АН13, АН15, АН16	2,297
17	Малайзия	АН2, АН18	1,595
18	Монголия	АН3, АН4, АН32	4,286
19	Бирма	АН1, АН2, АН3, АН14	3,003
20	Непал	АН2, АН42	1,321
21	Пакистан	АН1, АН2, АН4, АН7, АН51	5,377
22	Филиппины	АН26	3,517
23	Южная Корея	АН1, АН6	907
24	Российская Федерация	АН3, АН4, АН6, АН7, АН8, АН30, АН31, АН60, АН61, АН63, АН64, АН70	16,869
25	Сингапур	АН2	19
26	Шри-Ланка	АН43, АН44	650
27	Таджикистан	АН7, АН65, АН66	1,925
28	Таиланд	АН1, АН2, АН3, АН12, АН13, АН15, АН16, АН18, АН19	5,112
29	Турция	АН1, АН5, АН84, АН85, АН86, АН87	5,254
30	Туркменистан	АН5, АН70, АН75, АН77, АН78	2,204
31	Узбекистан	АН5, АН7, АН62, АН63, АН65	2,966
32	Вьетнам	АН1, АН14, АН15, АН16	2,678

В состав Узбекской национальной автомагистрали входят 11 автодорог и 2 новых направления, однако доля автодороги А-380 Гузар — Бухара — Нукус — Бейнеу, она же АН63 составляет 36% от общей протяженности Узбекской национальной автомагистрали. Весомое значение автодороги А-380 Гузар — Бухара — Нукус — Бейнеу в Узбекской национальной автомагистрали предполагает существенное улучшение ее транспортно-эксплуатационных показателей.

5.9. Международные автомобильные дороги и автомагистрали

1. Основные и промежуточные дороги, именуемые дорогами класса А, имеют двузначные номера; ответвления и соединительные дороги, именуемые дорогами класса В, имеют трехзначные номера.
2. Основные дороги северо-южного направления имеют двузначные нечетные номера, оканчивающиеся цифрой 5 и возрастающие с запада на восток. Основные дороги восточно-западного направления имеют двузначные четные номера, оканчивающиеся цифрой 0 и возрастающие с севера на юг. Промежуточные дороги имеют соответственно двузначные нечетные и двузначные четные номера, заключенные между номерами тех основных дорог, между которыми они расположены. Дороги класса В имеют трехзначные номера, причем первая цифра совпадает с номером ближайшей основной дороги, расположенной к северу от данной дороги В, а вторая цифра совпадает с номером ближайшей основной дороги, расположенной к западу от упомянутой дороги В; третья цифра представляет собой порядковый номер.
3. Дороги класса А северо-южного направления, расположенные к востоку от дороги Е 99, имеют трехзначные нечетные номера от 101 до 129. К этим дорогам применяются и другие правила, упомянутые в пункте 2 выше.
4. Ответвления и соединительные дороги, расположенные восточнее дороги Е 101, имеют трехзначные номера, начинающиеся с 0 — от 001 до 099.

УСЛОВИЯ, КОТОРЫМ ДОЛЖНЫ ОТВЕЧАТЬ МЕЖДУНАРОДНЫЕ АВТОМАГИСТРАЛИ

Общие положения

Основные характеристики, которые должны быть приняты при строительстве, обустройстве, оборудовании и ремонте международных автомагистралей, именуемых в дальнейшем «международными дорогами», изложены в приведенных ниже положениях, которые разработаны с учетом современных концепций в области дорожного строительства. В принципе они не относятся к населенным пунктам. При строительстве международной дороги ее следует прокладывать в объезд населенных пунктов, если она создает в них определенные неудобства или опасность.

Страны должны предпринимать всяческие усилия для соблюдения настоящих положений как при строительстве новых дорог, так и при модернизации уже существующих.

КЛАССИФИКАЦИЯ МЕЖДУНАРОДНЫХ ДОРОГ

Международные дороги делятся на следующие категории:

1. Автомагистрали

Термин «автомагистраль» означает дорогу, специально построенную и предназначенную для движения автотранспортных средств, которая не обслуживает придорожные владения и которая:

- i) за исключением отдельных мест или временно имеет отдельные проезжие части для движения в обоих направлениях, отделенные друг от друга разделительной полосой, не предназначенной для движения, или, в исключительных случаях, другими средствами;
- ii) не имеет пересечения на одном уровне с дорогами, железнодорожными или трамвайными путями и пешеходными дорожками; и
- iii) специально обозначена в качестве автомагистрали.

2. Скоростные дороги

Скоростная дорога представляет собой дорогу, предназначенную для движения автотранспортных средств, въезд на которую возможен только через развязки или на регулируемых перекрестках и

- i) на проезжей части (проезжих частях) которой запрещены остановка и стоянка;
- ii) которая не имеет пересечения в одном уровне с любыми железнодорожными либо трамвайными путями или с тротуаром.

3. Дороги обычного типа

Дорога обычного типа представляет собой дорогу, которой, в принципе, могут пользоваться все категории участников дорожного движения и транспортных средств. Такая дорога может иметь единую или отдельные проезжие части.

Международные автодороги должны предпочтительно представлять собой автомагистрали или скоростные дороги.

ГЕОМЕТРИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

1. Общие положения

Выбором геометрических характеристик обеспечивается надлежащая безопасность и беспрепятственное движение транспортных средств с минимальными заторами с учетом назначения дороги и общего поведения водителей.

Основные нормы проектирования распространяются одновременно на строительство новых дорог и модернизацию уже существующих. Однако в последнем случае необходимо учитывать ограничивающие факторы и местную специфику и гибко подходить к применению основных норм в целях сохранения общей целостности маршрута. Это дает возможность не столь строго соблюдать некоторые базовые параметры, что, в свою очередь, позволяет повысить качество трассы и ее восприятие водителем («читаемости» автодороги) в целях повышения безопасности.

Особое внимание следует уделять случаям поэтапного обустройства дороги, с тем чтобы на каждом этапе соблюдалась общая целостность маршрута (не забывая о важности переходов).

В случае поэтапного строительства автомагистрали или дороги с отдельными проезжими частями, когда на первом этапе в строй вводится лишь одна проезжая часть для движения в обоих направлениях, необходимо принимать меры к тому, чтобы на данном первом этапе движение по проезжей части в двух направлениях воспринималось именно как движение в двух направлениях и чтобы сама дорога могла использоваться для такого движения; это предполагает обеспечение видимости на участках обгона на большей части трассы для транспортных средств, движущихся в каждом направлении, и по возможности максимальную маскировку строительных объектов, которые должны быть возведены в окончательном виде за время строительства.

Расчетные параметры и размеры проезжей части зависят от выбора категории дороги, который, в свою очередь, зависит от ее назначения, условий местности (рельефа, застройки окрестностей и т.д.) и общих технико-экономических аспектов. Выбор категории предполагает:

- внутреннее соответствие (однородность) характеристик придорожных объектов;
- соответствие дороги ее восприятию участниками дорожного движения.

Этот выбор позволяет определить общий подход к обустройству создаваемого маршрута (или участка) и соответственно окончательно наметить все элементы проекта (геометрические характеристики, знаки и оборудование и пересечения). Каждой категории автодороги предписывается соответствующий диапазон расчетных скоростей.

Расчетная скорость представляет собой скорость, которая выбирается при модернизации или строительстве дороги с целью определения геометрических характеристик, допускающих безопасное движение на этой скорости отдельных транспортных средств.

Сравнение параметров международной сети «Е» с параметрами ШНК 2.05.02-07 показано в таблице 5.9.

**Таблица 5.9. Сравнение параметров международной сети «Е»
с параметрами ШНК 2.05.02-07**

№	Наименование показателей	ШНК 2.05.02-07	Международная Сеть «Е»
1	2	3	4
1. АВТОМАГИСТРАЛИ (1-А/Б)			
1	Расчётная скорость (рекомендуемая км/ч)	100–150	80–140
2	Радиусы кривых выпуклой м вогнутой м	27000 4000–8000	3000–18000 2000-6000
3	Продольный уклон %	30	70–40
4	Минимальные расстояния видимости, м	300	100–300
5	Минимальная ширина полосы движения, м	3,75	3,5
6	Ширина(минимальная) обочины, м	3,75	3,25
7	Наименьшая ширина укрепленной полосы обочины	0,75	0,70
8	Расчётная интенсивность движения, авт/сут	7000	
П. СКОРОСТНЫЕ ДОРОГИ{16Б- 11}			
1	Расчётная скорость, км/час	80–120	80–120
2	Радиусы кривых вып., м	15000	1000–10000
	вогн., м	2500–5000	2000–4200
3	Продольный уклон — % о	40	70–50
4	Минимальные расст. видимости, м	225	100–200
5	Минимальная ширина полосы движения	3,75	3,5
6	Ширина обочины, м	3,75	3,25
7	Наименьшая ширина укрепления полосы обочины, м	0,5	0,5
8	Расчётная интенсивность движения, авт/сут	3000–7000	
III. ОБЫЧНЫЕ ДОРОГИ (III — IV кат.)			
1	Расчётная скорость, км. /ч	80–100	60–100
2	Радиусы кривых: вып., м	5000–10000	1500–6000
	вогн., м	1000–1500	1500–3000
3	Продольный уклон % о	50–60	80–60
4	Минимальное расстояние видимости, м	125–175	70–150
5	Минимальная ширина полосы движения, м	3,0–3,5	3,0
6	Ширина (минимальная) обочины, м	2,0–2,5	2,5
7	Наименьшая ширина укрепленной полосы обочины, м	0,5	0,7
8	Расчётная интенсивность движения, авт/сут.	200–3000	

5.10. Безопасность дорожного движения

Вопросы безопасности движения по автомобильным дорогам приобретают во всех странах с каждым годом все большее значение в связи с ростом парка автомобилей и интенсивности движения. Количество несчастных случаев на автомобильном транспорте пока еще очень велико по сравнению с другими видами транспорта.

В среднем для ряда стран относительное количество погибших на 100 млн. пасс/км на разных видах транспорта составляет: для железнодорожного — 0,35, для воздушного — 0,53 и для автомобильного — 2,0. Основное условие обеспечения безопасности дисциплина вождения автомобилей. Водитель должен избирая режим учитывать время суток, погоду, конструктивные особенности автомобиля, дорожных знаков, а также оперативным указаниям работников службы регулирования движения.

Большую роль играет культура вождения, при которой каждый водитель обязан обеспечивать безопасность движения всего потока автомобилей.

Не менее важно для обеспечения безопасности предупреждение возникновения аварийных условий на дорогах еще при проектировании и в процессе последующей их эксплуатации с тем, чтобы водитель, строго соблюдающий правила движения, был гарантирован от возможности дорожно-транспортного происшествия. Безопасность должна обеспечиваться дорожниками, а не органами регулирования движения. Главный критерий при нормировании требований к элементам плана и профиля и назначении мероприятий, проводимых службой эксплуатации дорог для сохранения постоянных транспортных качеств дороги в переменных погодных условиях. С этой точки зрения каждый дорожный знак, накладывающий ограничения на режимы движения, свидетельствует о неблагоприятных местах на дороге, допущенных при строительстве.

Безопасность движения обеспечивается следующими мероприятиями: обоснованностью технических норм на отдельные элементы дорог, значения которых должны соответствовать скорости движения, рациональным сочетанием элементов дорог в плане и профиле, сохранением в процессе эксплуатации, в переменных погодных условиях транспортных качеств дороги, приданных ей при строительстве.

Безопасность считается обеспеченной, если гарантируется устойчивость автомобиля, а также видимость дороги, необходимая для остановки автомобиля перед возможным препятствием, неожиданно возникшим на пути. Однако при этом исходят из напряженного режима управления автомобилем экстренного торможения с полным использованием тормозного усилия, работы двигателя при полностью открытой дроссельной заслонке и точного или с очень малыми отклонениями следования автомобиля по направлению оси используемой полосы проезжей части. Вопросы обеспечения механической устойчивости движения автомобиля до последнего времени преобладали над соображениями удобства управления для водителя и движения для пассажира, а также экономичность перевозок.

Состояние аварийности на автомобильных дорогах мира

Одной из острейших социальных проблем для всех стран мира является проблема снижения уровня аварийности на автомобильных дорогах постоянно растущего числа погибших и пострадавших в дорожно-транспортных происшествиях. Проблема обеспечения безопасности дорожного движения становится глобальным вызовом для всего человечества.

В ежегодных отчетах об уровне травматизма в мире, подготавливаемых по заданию Международного Красного Креста и Красного Полумесяца, указывается, что проблема дорожно-транспортных происшествий это «... постоянно обостряющаяся глобальная проблема, связанная с травматизмом, приводящая к гибели и ухудшению условий жизни людей, сдерживающая развитие стран и приводящая к большой уязвимости миллионов людей». Международный Красный Крест и Красный Полумесяц призывают к активным действиям по предупреждению такого вида ежедневного травматизма — эквивалентной гибели на земном шаре ежедневно порядка 2700 человек.

Безопасность движения это и проблема здоровья населения. Последние исследования по Глобальной Значимости Травматизма, выполненные Гарвардским Университетом США по заданию Всемирной Организации Здравоохранения (ВОЗ) и Всемирного Банка, показали, что среди взрослого населения в возрасте 15–44 лет дорожно-транспортные происшествия являются основной причиной смерти мужчин и пятая по счету причина смерти женщин. Более того, эти же исследования показали, что к 2020 году дорожно-транспортные происшествия займут третье место в мире в ранге причин смерти после сердечных заболеваний и депрессии.

Современные масштабы этой проблемы в мире следующие: число погибших в дорожно-транспортных происшествиях в мире составляет 1 171 000 человек в год, количестве раненных 10–15 млн. в год. Более 163 000 детей погибает ежегодно в мире, и более 1,5 млн. детей получают ранения или увечья. Все эти дети в возрасте до 15 лет.

Хотя парк автомобилей в развивающихся странах составляет 32% от парка автомобилей в мире, на дорогах этих стран имеет место 75% всех дорожно-транспортных происшествий. В Азиатско-Тихоокеанском регионе за последние 10 лет 2 млн. чел. погибли и 17 млн. чел. было ранено или получило увечья. В Латинской Америке и в странах Карибского бассейна за этот же период погиб 1 млн. чел. и более 10 млн. чел. было ранено. Распределение числа погибших в дорожно-транспортных происшествиях по регионам мира следующее: страны Латинской Америки и Карибского бассейна — 12%, страны Азиатско-Тихоокеанского региона — 42%, страны Среднего Востока — 2%, Африканские страны — 8%, страны Европейского Союза — 25%, страны Центральной и Восточной Европы — 11%.

Эта проблема имеет и большое отрицательное экономическое воздействие. Дорожно-транспортные происшествия сдерживают экономическое и социальное развитие.

На национальном уровне они приводят к экономическим потерям равным 1–3% от валового национального продукта. Всемирный Банк показал, что в результате дорожно-транспортных происшествий глобальные экономические потери в мире составляют 500 млрд. долларов в год. Только в развивающихся странах ежегодные потери от дорожно-транспортных происшествий составляют 100 млрд. долл. и социальное развитие многих стран. На национальном уровне они приводят к экономическим потерям равным 1–3% от валового национального продукта. Всемирный Банк показал, что в результате дорожно-транспортных происшествий глобальные экономические потери в мире составляют 500 млрд. американских долларов в год. Только в развивающихся странах ежегодные потери от дорожно-транспортных происшествий составляют 100 млрд. американских долл.

Ситуация с безопасностью движения на автомобильных дорогах России

В 2000 году в ДТП на дорогах России погибло 29594 человек и 179401 человек был ранен. Минимальное число погибших за последние 10 лет было зарегистрировано в 1997 году. Вместе с тем за 1998 год рост числа ДТП с особо тяжкими последствиями (5 и более погибших или 10 и более пострадавших в ДТП) составил 12,4%, а за 1999 год снижение таких ДТП составило 18,6%.

Согласно последним статистическим данным население России составляет 148,3 млн. чел. С момента окончания Второй Мировой войны на дорогах России рост автомобильного движения опережал развития сети автомобильных дорог. Так, за последние 20 лет общее количество автомобилей (парк автомобилей) увеличился в 5 раз (особенно за последние три года). За тот же период протяженность сети автомобильных дорог с твердым покрытием, обеспечивающие круглогодичное движение, возросла только в 2 раза. Общее количество зарегистрированных в настоящее время в России всех типов автомобилей около 31,6 млн. Из этого числа 70% составляют личные транспортные средства. На некоторых дорогах интенсивность движения в 1,3–3,0 раза превышает допустимую для данной категории дороги, средняя скорость движения снизилась до 35–40 км/ч, число ДТП растет непрерывно. Ежедневно на дорогах страны происходит около 450 происшествий, в которых гибнет более 80 чел. и около 500 чел. получают ранения. Около 60% погибших это активная часть населения в возрасте от 16 до 40 лет. Трагичность ситуации заключается в том, что в ДТП попадает большое количество детей в возрасте от 7 до 14 лет. Ежегодно более 3000 детей становятся инвалидами. В 2000 году в ДТП ранено 21390 детей (все дети до 16 лет), 1521 из них погибло.

В России количество погибших в ДТП в пересчете на численность автомобильного парка и авт-км пробега в 5–10 раз больше, чем в странах Европы.

Более 70% ДТП имеет место в городах и в населенных пунктах. Тяжесть происшествий в этих местах в 2 раза ниже, чем на внегородских автомобильных дорогах. Наибольшая тяжесть происшествий (более 20 погибших на 100 чел, вовлеченных

в ДТП) была зарегистрирована на магистральных федеральных автомобильных дорогах.

Ниже приведены результаты анализа ситуации на дорогах России с позиций КТО вовлечен в ДТП, ГДЕ произошло происшествие и КОГДА произошло ДТП.

Вовлечение в ДТП пользователей дорог

- 74,3% всех ДТП произошло по вине водителей, более 30% погибших в ДТП являются водители;
- в целом 37,6% всех травмированных в ДТП являются люди в возрасте от 27 до 41 года, около 8% — являются люди в возрасте 7–16 лет.

Вовлечение автомобилей

- 63% всех попавших в ДТП автомобилей являются личными автомобилями, 11% — автобусы, в 39% случаев совершается наезд автомобиля на пешехода.

Влияние дорожных условий и окружающей среды

- 22,7% всех ДТП вызвано неблагоприятными дорожными условиями;
- 73% всех ДТП имеет место только в городах и населенных пунктах, 24,1% всех ДТП произошло на автомобильных дорогах (включая участки в городах и населенных пунктах) на федеральной сети дорог;
- около 54,3% погибших в ДТП на внегородских автомобильных дорогах;
- 53% от общего числа зарегистрированных ДТП, 54,3% погибших и 54,2% раненых имеет место период с июня по сентябрь.

Степень тяжести происшествий (количество погибших на 100 раненных) имеет следующие тенденции:

- за последние 2 года тяжесть ДТП возростла и достигла уровня 15 в 2000 году;
- на внегородских автомобильных дорогах уровень тяжести последствий ДТП в два раза выше, чем в городах.

Согласно статистическим данным 1999 года основными причинами ДТП являются:

- нарушение Правил дорожного движения водителями (78,5%) и пешеходами (23,9%);
- неблагоприятные дорожные условия (22,4%);
- неисправный автомобиль (2,5%).

Причинами ДТП в 22,1% случаев являются водители в состоянии опьянения, превышение скорости движения 18,9% и выезд на полосу встречного движения — 15,9%. Причинами происшествий с пешеходами являются следующие:

- переход проезжей части в неустановленных местах — 60,5%;
- неподчинение сигналам регулирования дорожного движения — 5,1%;
- неожиданный выход на проезжую часть из-за препятствия — 14,9%;
- передвижение по проезжей части при наличии тротуара — 4,1%;
- появление ребенка до 7 лет на проезжей части без взрослого — 1,9%;
- игра на проезжей части — 1%;

- состояние опьянения пешехода — 23,0%.

Неблагоприятными дорожными условиями являются:

- скользкость дорожного покрытия — 70% случаев;
- плохая ровность покрытия — 5–8%;
- неукрепленные обочины — 6% ДТП.

Внедрение новой формы учета ДТП позволило повысить надежность статистических данных.

В целом можно отметить, что основными причинами роста аварийности на дорогах страны являются следующие:

- экономическая нестабильность в переходный период;
- принятие федеральных и региональных программ повышения безопасности движения без финансового обеспечения программных мероприятий;
- недостаточный уровень работы управленческого аппарата;
- недофинансирование эксплуатации дорог и мероприятий по организации дорожного движения;
- отсутствие связи на дорогах.

Таблица 5.10. Требования правил дорожного движения в различных странах

СТРАНЫ	Максимально допустимая скорость движения, км/ч			Минимальный возраст, дающий право управления автомобилем	Допустимое содержание алкоголя в крови, %
	на автомагистрали	вне населенного пункта	в населенном пункте		
Андора	-	70	40	18	0,08
Болгария	120	80	60	18	0,00
Бельгия	120	90	50	18	0,05
Дания	110	80	50	18	0,05
Германия	130	100	50	18	0,08
Финландия	100–120	80–100	50	18	0,05
Великобритания	112	96	48	18	0,08
Франция	110-130	90	50	18	0,00
Эстония	90	50	50	18	0,05
Греция	100	80	50	18	0,05
Венгрия	120	80	50–60	18	0,05
Ирландия	88	64–88	48	17	0,10

СТРАНЫ	Максимально допустимая скорость движения, км/ч			Минимальный возраст, дающий право управления автомобилем	Допустимое содержание алкоголя в крови, %
	на автомагистрали	вне населенного пункта	в населенном пункте		
Италия	130–110	90	50	18	0,00
Югославия	120	80	60	18	0,05
Исландия	80	80	50	17	0,05
Литва	130	110	50-70	18	0,00
Латвия	-	100	60	18	0,05
Люксембург	120	90	60	18	0,08
Нидерланды	80	80	50	18	0,05
Австрия	100–130	100	50	18	0,05
Узбекистан	100	100	70	18	-
Россия	130–110	90	60	18	0,016

5.11. Опыт Японии в строительстве и эксплуатации автомобильных дорог

После поражения во второй мировой войне Японская экономика начала восстанавливаться, и уровень жизни постепенно улучшался, вследствие чего началось быстрое распространение автомобилей. Всего 130,000 автомобилей было зарегистрировано в конце Второй мировой войны, но количество быстро увеличивалось, достигая 500 000 автомобилей к 1951 году, а в 1953 году в два раза до одного миллиона, и снова в два раза до двух миллионов в 1957 году. Эра автомобилизации пришла в Японию, тем не менее, система дорог оставалась позади для поддержания быстрого уровня автомобилизации. Ральф Дж Уоткинс, экономист по приглашению Японского правительства, чтобы провести исследования на скоростной магистрали Meishin, писал в своем докладе 1956 года: **«Дороги в Японии в неслыханно плохом состоянии. Никакая другая промышленно развитая нация так не пренебрегала системой автодорог»** (рис. 5.19).

Дорожная система Японии в те времена была действительно ужасной. Было проложено только 23% первой категории системы артериальных национальных автомагистралей. Только две трети от общего национальных дорог были с покрытием. Маршрут №1, являющийся из основных артерий магистрали, соединяющая Токио с Осака, был с покрытием. Правительство Японии в то время приняло предложение г-на Уоткинса и сразу применила их на практике. Таким образом, улучшение дорог в Японии пошло быстрыми темпами, продвигая страну в эпоху высокого экономического роста в последующие годы (рис. 5.20).



Рис. 5.19. Состояние дорог в середине 1950-х годов было «невероятно плохим», как и писал Уоткинс в своем докладе.



Рис. 5.20. Церемония открытия скоростной автомагистрали «Томей» в апреле 1968 г., соединяющей Окадзаки с Комаки.

Дорога является путем сообщения, которая открыта для общественного использования и классифицируется по следующим видам:

1. Национально-скоростные автомагистрали.
2. Национальные автомагистрали.
3. Областные дороги.
4. Муниципальные дороги.

Национальные-скоростные автомагистрали формируют стратегическую транспортную сеть для автомобилей по всей стране, и соединяют районы политического / экономического / культурного значение или имеют важное влияние на национальный интерес (статья 4 Закона о национально-скоростной автомагистрали).

Вместе с национально-скоростными автомагистралями, национальные автомагистрали формируют стратегическую сеть, транспортную сеть и отвечают требованиям правового характера (Статья 5 Закона о дорогах).

Областные дороги образуют региональную артериальную дорожную сеть и отвечают требованиям правового характера (Статья 7 Закона о дорогах).

Муниципальные дороги служат в муниципальной юрисдикции (Статья 8 Закона о дорогах).

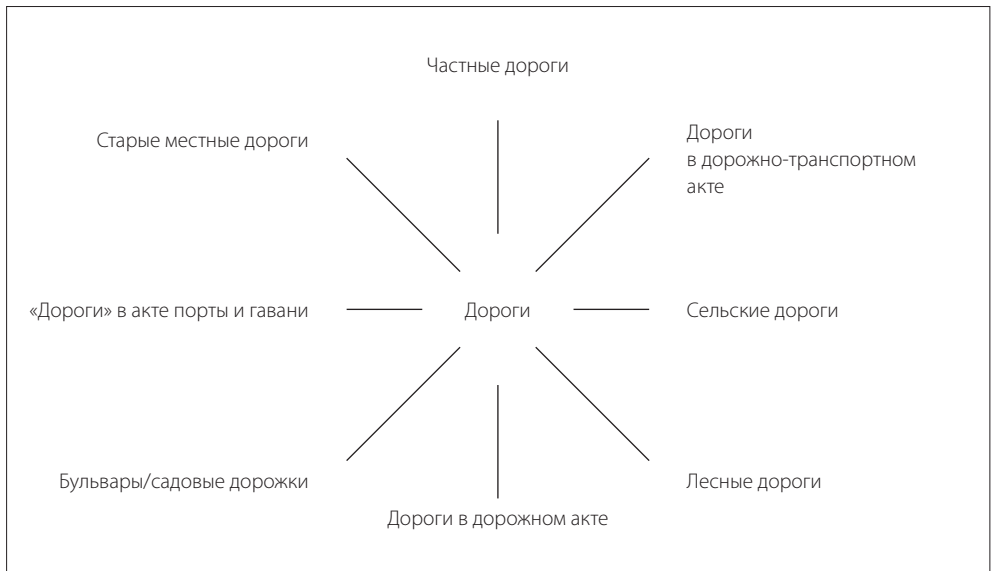


Рис. 5.21. Дороги в Японии

Без истории конных экипажах, в Японии были только плохие дороги в те дни. Что еще хуже, развитие автомобильных дорог была неизбежно медленной, потому что приоритетом являлось развитие железнодорожной системы. В этих условиях, программа пятилетней пути развития была запущена так, чтоб полностью ускорить развития автомобильных дорог.

Бюджет на общественные работы не мог удовлетворить постоянно растущий спрос дорожного движения, следовательно, были введены две системы финансирования: система платных дорог и налогообложения для увеличения количества дорожных проектов для проведения за короткий промежуток времени.

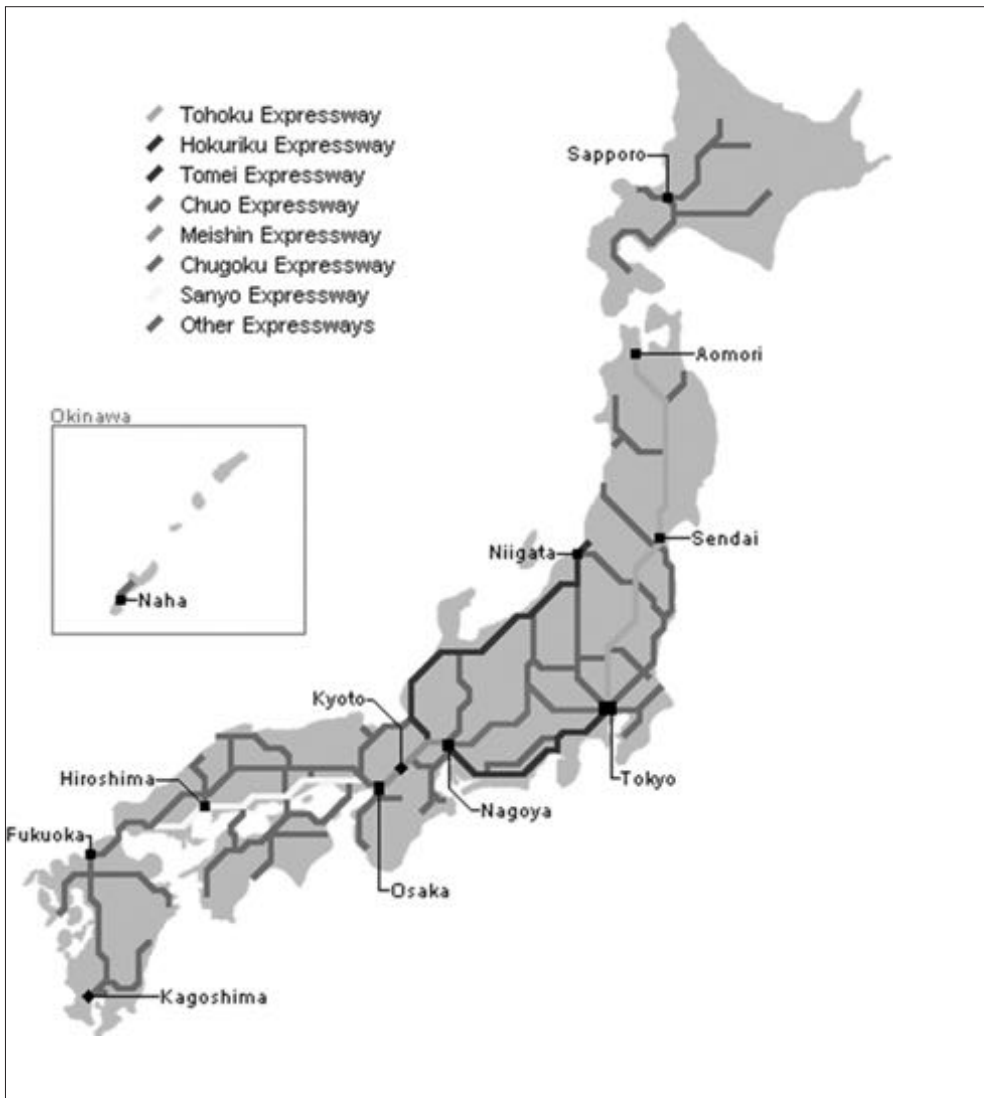


Рис. 5.22. Сеть национально-скоростной автомагистрали

Предыдущий «Закон о специальных мерах, касающихся дорожного строительства и благоустройства», принятый в 1952 году, позволил введение системы платных дорог, где национальные и местные органы власти могли бы одолжить достаточно денег, для развития дороги и заемные деньги были бы выплачены с доходов от сборов для новых дорог.

На платной дороге система была применена в первую очередь для национальных скоростных проектов. В 1956 году в Японии была основана публичная корпорация автомагистралей для эффективной эксплуатации скоростных дорог и использования финансовых ресурсов частного сектора.

Интересный факт можно проследить на рисунке по классификации автомобильных дорог. Общая длина дорог составляет 1 214 917.1 км, из них только 340 000 км дорог имеют ширину не менее 5,5 м для пропуска автомобилей в противоположном направлении. То есть 874 917 км дорог это те дороги, которые имеют ширину менее 5,5 м. Это цифра говорит о том, что абсолютно все дороги инвентаризированы и ведется ежегодный учет. В сравнение с Узбекистаном, на сегодняшний день общая длина автомобильных дорог составляет 183 000 км. Сюда входят дороги общего пользования — 42 600 км, 67,2 тысяч км внутрихозяйственных и сельских

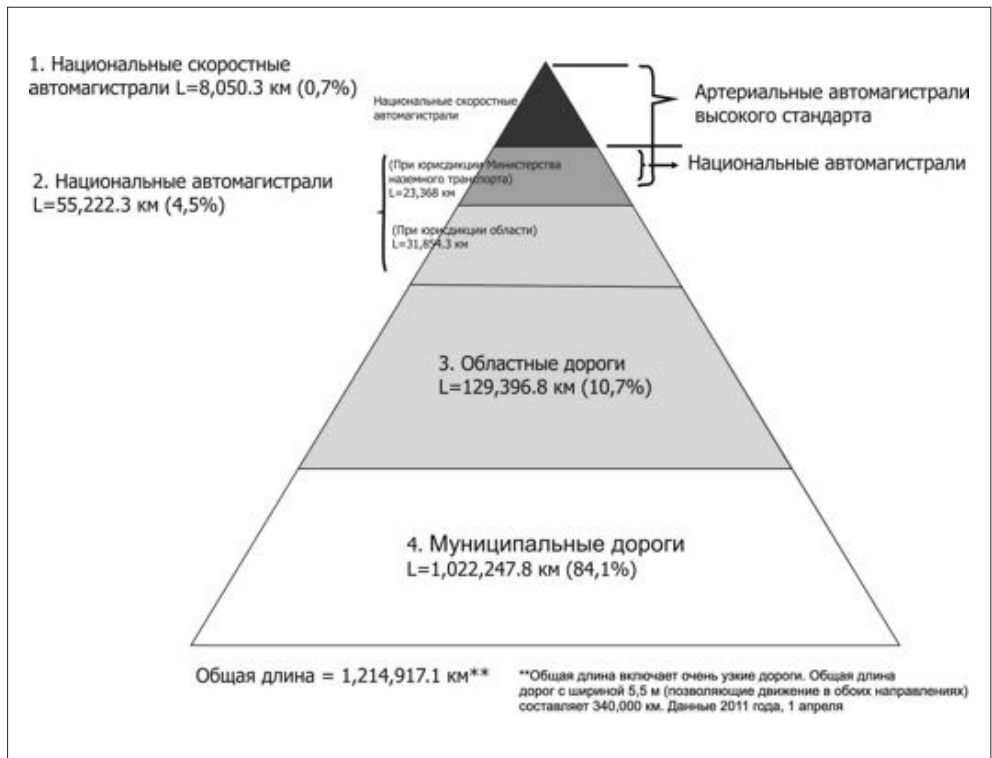


Рис. 5.23. Классификация автомобильных дорог согласно дорожному акту, статья №3

автомобильных дорог, свыше 61,6 тысяч километров дорог сельских и городских улиц, более 5,4 тысяч километров дорог предприятий, а также свыше 6,6 тысяч километров ведомственных инспекторских дорог.

Из выше приведенного рисунка 5.23 наблюдается, что хотя общая длина дорог национальных скоростных автомагистралей и национальных автомагистралей составляет около 5% от общей длины автомобильных дорог, однако обслуживает около 40% всех автомобилей (рис. 5.24). Это говорит о том, что планирование и проектирование автомагистралей в Японии соответствует очень высоким стандартам и отвечает в целом требованиям транспортного потока. Соответственно, артериальные дороги должны пропускать основной транспортный поток.

Несмотря на то, что за последние 12 лет число ДТП заметно снизилось и упало ниже 4 500 раз в 2012 году, число травм по-прежнему превышает 800 000 (рис. 5.25). В частности, доля пенсионеров и пешеходов со смертельным исходом выше, чем в Европе и Соединенных Штатах. Поэтому принимаются соответствующие и эффективные меры для сокращения числа дорожно-транспортных происшествий на артериальных магистралях и улицах.

Поскольку дорожно-транспортные происшествия часто происходят в определенных участках магистралей, 3,396 участков с особенно высоким уровнем ДТП определены как черные пятна. Были определены особые меры для предотвращения смертей или травм от несчастных случаев и посредством взаимодействия комиссии по общественной безопасности префектур и дорожных администраторов проводятся соответствующие мероприятия.

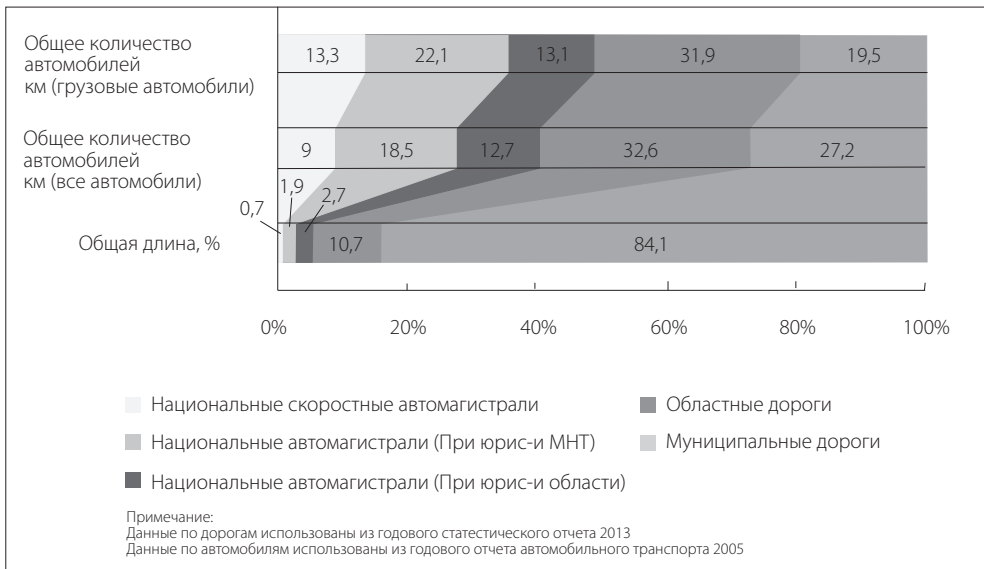


Рис. 5.24. Использование дорог

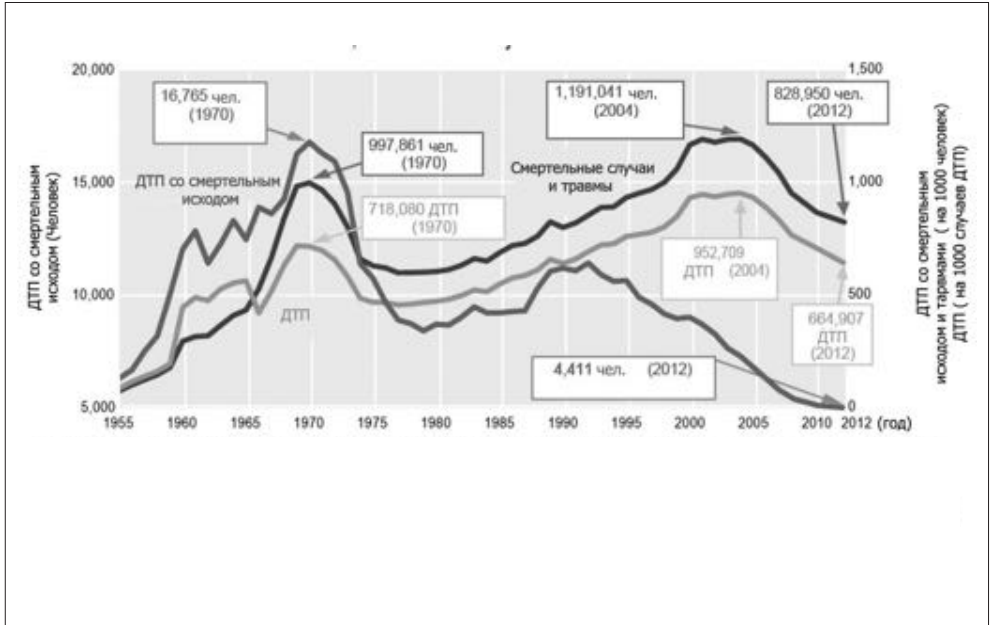


Рис. 5.25. Динамика ДТП в Японии за период с 1955 по 2012 гг.

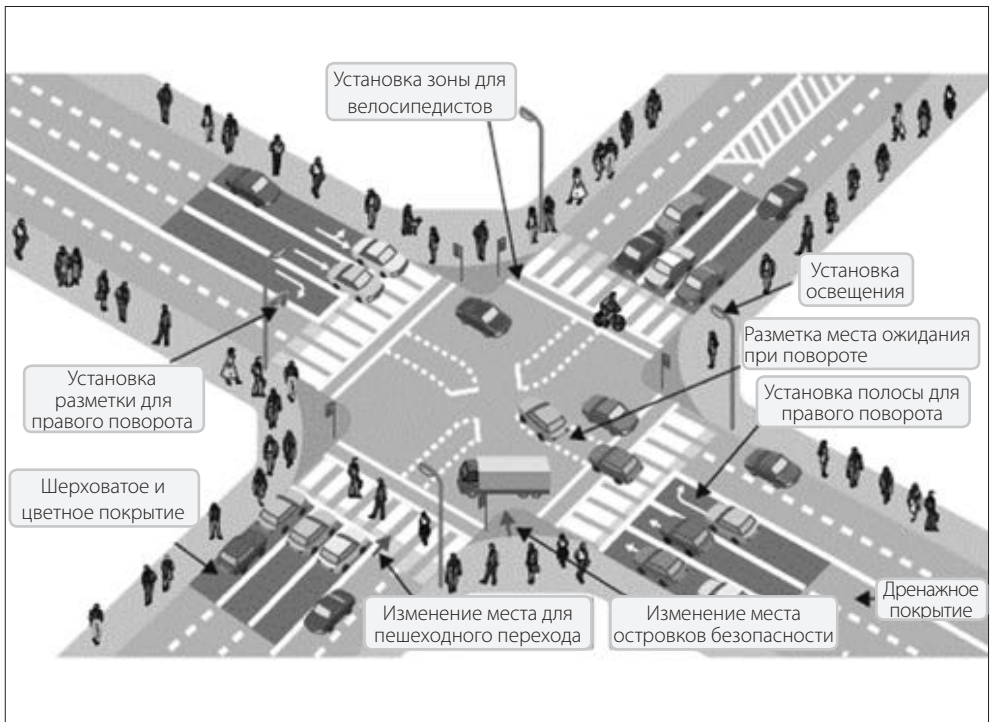


Рис. 5.26. Пример меры предотвращения аварийности на пересечении

Предотвращение стихийных бедствий

Для того, чтобы обеспечить безопасные и надежные дорожные сети, автомагистрали, городские кольцевые дороги и другие дороги они строятся в соответствии высоким стандартам устойчивых к стихийным бедствиям. Осуществляются также меры против землетрясений, бурь и обильных снегопадов. Дороги являются важной инфраструктурой при бедствиях, потому что все меры по спасению и восстановлению непосредственно производятся с помощью автомобильных дорог.

Землетрясения

Несмотря на то, что площадь земельного участка Японии составляет лишь 0,25% от общего числа в мире, Япония является одной из самых сейсмоактивных стран, с вероятностью масштабного землетрясения (магнитудой 6,0 или более баллов), возникающих на уровне около 23%.



Рисунок 5.27. Мощное землетрясение с последующим гигантским цунами, произошедши 11 марта 2011 года и нанесли колоссальный ущерб автомобильным дорогам. (Национальная автомагистраль 6, хиро-но-мати, Префектура Фукусима)

Обильные дожди

Япония получает вдвое больше осадков в виде среднего количества по сравнению с остальными государствами, особенно в сезон дождей и тайфунов. В течение последнего десятилетия, локальные проливные дожди резко возросли, следовательно, увеличился риск наводнений. Мягкая почва легко разрушается во время штормов и способствует возникновению оползней.

Обильные снегопады

Так как Японское море располагается между Японией и Азиатским континентом, Япония получает обильные снегопады, принесенные господствующими ветрами с континента в зимнее время и особенно в районах граничащих с морем. Около 60% земли находится под влиянием холода и снега, где примерно одна пятая



Рисунок 5.28. Июль 2009, Сели, вызванные сильным дождем в Чугоку и Северного Кюсю регионах (Национальная автомагистраль № 262, Город хофу, Префектура Ямагучи)



Рисунок 5.29. Февраль 2014. Рекордный снегопад в Канто регионе: вооруженные силы самообороны задействованы к уборке снега на маршруте 20

часть всего населения живет, с плотностью населения до $105/\text{км}^2$, что значительно превышает значения в других северных странах.

Защита от землетрясений

Для обеспечения высоконадежной дорожной сети, которая будет обеспечивать возможность быстрой и безопасной аварийной деятельности во время землетрясения, мосты должны быть модернизированы с учетом сейсмической защиты.



Рис. 5.30. Слева опора моста без сейсмической защиты, а справа опора усиленная железобетонным покрытием.

Предотвращение стихийных бедствий на горных участках

Ряд мер для защиты дорожного движения от проливного дождя и сильного снегопада включают, среди прочего, предотвращение стихийных бедствий работы на придорожных склонах и строительство дорог в обход участков подверженных стихийным бедствиям.

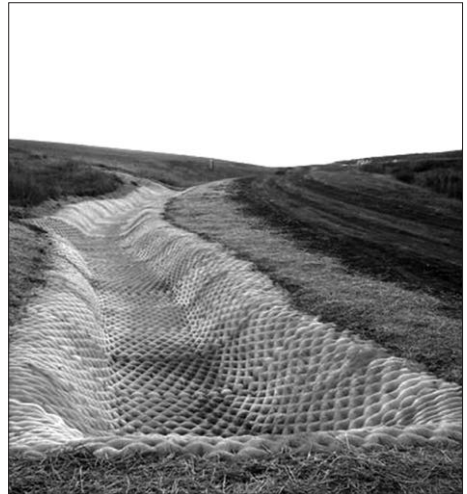
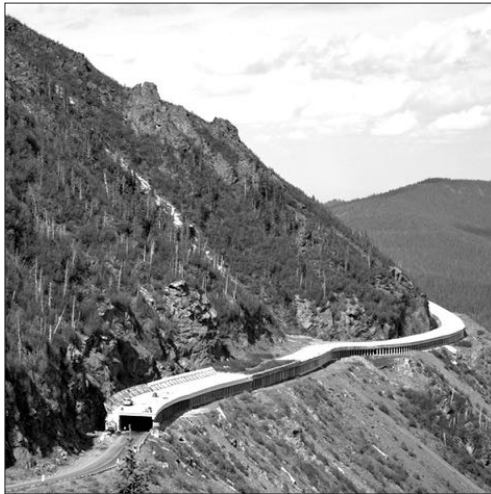


Рисунок 5.31. Слева дорожная галерея для предотвращения камнепадов, справа защитное цементобетонное сооружение для предотвращения оползней



6. ВОЗДУШНЫЙ ТРАНСПОРТ

6.1. История развития воздушного транспорта

Разработка первых моделей самолетов началась в России во второй половине XIX века. Так, в 1867 г. Н. А. Телешов предложил проект самолета «Дельта», близко напоминающего своим внешним видом современные сверхзвуковые самолеты с дельтовидным крылом.

Выдающийся вклад в создание самолёта внёс в 1876 году капитан русского морского флота А. Ф. Можайский, создавший летающую модель аэроплана с часовой пружиной в качестве двигателя.

В 1877 г. он же представил проект моноплана, который имел все характерные для современных самолетов части: фюзеляж, неподвижное несущее крыло (крылья), хвостовое оперение, колесное шасси и силовую установку. А. Ф. Можайский в 1888 г. построил двухмоторный самолет тремя винтами.

Он сам спроектировал установленные на самолете паровые двигатели мощностью 10 и 20 л.с., которые были изготовлены за границей. Это был первый в мире самолёт, который взлетел с человеком на борту. В 1894 г. проект аэроплана был разработан К. Э. Циолковским.

За рубежом также проводились опыты по созданию самолётов. В Англии первый самолёт был построен в 1894 г. Американцы, братья Орвилл и Уилбур Райт, 17 декабря 1903 г., поставив на планер небольшой бензиновый двигатель, пролетели на нем 800 м за 59 с. Их часто и считают изобретателями самолета. 25 июля 1909 года француз Луи Блерио на моноплане собственной конструкции за 32 минуты пересек пролив Ла-Манш. 27 августа 1913 года Петр Николаевич Нестеров замкнул в киевском небе свою первую мертвую петлю, по справедливости носящую теперь его имя. 26 августа 1914 года Нестеров совершил первый таран.

Начало промышленного самолетостроения в России относится к 1908–1909 гг., когда русские инженеры создали первые оригинальные конструкции отечественных самолетов. В 1913 г. русскими конструкторами во главе с И. И. Сикорским был построен огромный по тому времени самолет «Большой Балтийский», а затем — «Русский витязь» с полетным весом 4,2 т (за рубежом не было самолета тяжелее 1 т). Этот первый в мире четырехмоторный самолёт брал на борт 7 человек и развивал скорость 90 км/ч. В том же году им был построен ещё более тяжелый самолёт «Илья Муромец» на 16 человек и спроектирован новый —

«Святогор» с полётным весом 6,5 т и скоростью полёта 114 км/ч. 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. 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.

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 10000 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 89 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 позво-

ляет 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. Стоимость транспортировки может быть снижена за счет уменьшения страховки (кражи, потери и повреждения грузов на воздушном транспорте бывают гораздо реже, чем на наземных видах транспорта), упрощения тары и упаковки из-за отсутствия внешнего воздействия. Проблемы и тенденции развития воздушного транспорта многогранны.

Главная проблема — повышение скорости движения (на сегодняшний день достигнута скорость 2500 км/ч). 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. Крупные аэропорты мира могут обслуживать до нескольких десятков миллионов пассажиров в год. Например, годовой объем пассажирских перевозок аэропортов Хитроу в Лондоне и Дж. Кеннеди в Нью-Йорке — 25 млн. человек, О'Хара в Чикаго — 40 млн человек, Внуково в Москве (после реконструкции) — до 27 млн человек. Москву обслуживает в настоящее время четыре аэропорта, и зарезервирована земля под строительство пятого аэропорта под Солнечногорском Московской области.

Классификация самолетов и вертолетов по назначению

По назначению ЛА подразделяют на гражданские и военные. Гражданские ЛА предназначены для перевозки пассажиров, грузов, почты и др. Различают пассажирские, транспортные учебные, специального назначения (с/х, пожарные и др.). Характеристики самолетов различного назначения, а также статистические данные гражданских самолетов и вертолетов приведены в таблице 6.1. Статистические характеристики военных самолетов приведены в таблице 6.2.

Таблица 6.1. Характеристики самолетов различного назначения

Тип и обозначение	Взлетная масса m_0 , т	Масса целевой нагрузки $m_{цн}$ или кол-во пасс.	Крейсерская скорость $V_{крейс'}$ км/ч	Дальность полета L , км
Пассажирские самолеты: - местных авиалиний: $m_0 = 9$ т, $m_{цн} + m_{сн} = 2$ т или 8...20 пасс., $V_{крейс} = 200...400$ км/ч, $L = 500...1700$ км				
Ан-2 (1947 г.)	5,5	1,5 т	190	530...900
Ан-28 (1984 г.)	6,5	18 пасс.	335	500...1400

Тип и обозначение	Взлетная масса $m_{\text{в}}$, т	Масса целевой нагрузки $m_{\text{цн}}$ или кол-во пасс.	Крейсерская скорость $V_{\text{крейс}}$, км/ч	Дальность полета L , км
Ан-38 (1995 г.)	8,8	27 пасс.	400	900...1450
- магистральные				
а) ближние региональные: $n_{\text{пасс}} = 40...60...80$, $m_{\text{пн}} = 3..4$ т, $L = 2000...3000$ км				
Ан-24 (1959 г.)	21,8	52	450	2500
Ан-140 (1997 г.)	19,15	52	575	1200...3000
Ан-148 (2004 г.)	31	75-80	870	2800...11000
б) среднемагистральные: $n_{\text{пасс}} = 100...300$, $L \leq 4000$ км				
Ан-10 (1957 г.)	54	44...80	630	1200...4000
Ил-86	206	350	950	3600
Ту-204	99,5	214	830	3500...7000
Ту-134 (1962 г.)	47	84	850	1800...3200
в) дальние магистральные: $n_{\text{пасс}} = 100...300$, $V_{\text{крейс}} = 900$ км/ч, $L \geq 4000$ км				
Ил-96	216	300	850	9000...11000
Боинг-747	372	300	870	9000
Ил-62	165	198	900	8000
г) межконтинентальные: $m_{\text{пн}} \leq 20$ т, $L \geq 11000$ км				
А-380	560	555	900	10400...14800
Боинг-777	230...300	400	945	13000
Боинг-747-400	365...413	416...500	900	11500...13500
Транспортные самолеты				
Ан-8 (1956 г.)	38	11	450	850...3400
Ан-12 (1957 г.)	61	20	550	3400...5800
Ан-26 (1964 г.)	24	5,5	435	770...2200
Ан-22 (1965 г.)	250	80	560	5000...9000
Ан-74 (1984 г.)	34,5	10	600	2700...4200
Ан-124 (1982 г.)	405	150	850	4800...12000
Ан-225 (1988 г.)	600	250	850	4500...14500
Ан-70 (1994 г.)	130	35	770	5500...7200
Вертолеты				
Ми-8	12	4	225	425...580
Ми-26Т	56	20	255	670...2000
Ми-34	1,35	0,24	180	305
Ми-28	11,2	3,64	270	460
Ка-26	3,25	0,9	130	465
Ка-32А	12,6	0,4	230	570
Ка-50	10,8		310	450...1200

Таблица 6.2. Статистические характеристики военных самолетов

Тип и обозначение	Взлетная масса $m_{\text{в}}$, т	Масса целевой нагрузки $m_{\text{цн}}$ или кол-во пасс	Крейсерская скорость $V_{\text{крейс}}$, км/ч	Дальность полета L, км	Предельная высота, H, м
Истребители					
МиГ-21	9	1,5	2200	1100	18000
МиГ-29	15	4	2450	2100	18000
Су-27	27/30		M = 2,35	2400	18000
F-15	18/25		2655	1100	21000
F-16	9,8		2100		
МиГ-25	36,7		3000	1200	24300
Ту-128	43,7		1910	2000	15600
Як-25	11,3		1090	2100	14500
Су-37	34		2500	3200	18000
МиГ-31	4,2	3	3000	3300	20600
Бомбардировщики					
Су-17	14	4,5	1850	1400	18000
Су-24	39,7	7,5	1550	2000	1100
Су-25	17,6	3	970	1250	1000
Ту-22	84...98	12	1550	4400	18000
Ту-22М	124	24	2000	2200	14000
Стратегические бомбардировщики					
Ту-160	275	22,5	2200	24000	18000
Разведывательные самолеты					
A-50	190		600-800	2000	10200
Ил-38	66		685	8500	10000
Су-32ФН	44,6	8	1900	4000	17000
Палубные самолеты					
A-400	95		820	4100	9700
Як-38	11,7		1050	680	15000
Як-141	19,5		1800	1400	15000

6.2. Техническая основа воздушного транспорта

Техническую основу воздушного транспорта составляют: летательные аппараты, аэропорты, воздушные линии (трассы), авиаремонтные заводы. Регулярные полеты транспортных самолетов совершаются по воздушным линиям. Воздушной линией называется утвержденный постоянный маршрут регулярных полетов транспортных самолетов между двумя или несколькими населенными пунктами с аэродромами и необходимым наземным оборудованием. Земная поверхность, над которой проходит воздушная линия, является *трассой* этой линии. Ширина трассы воздушной линии — 30 км (по 15 км на каждую сторону от линии пути). Воздушные линии и их трассы делятся на отдельные участки, называемыми *перегонами*. Раздельными пунктами воздушной линии являются аэродромы и аэропорты.

Воздушные линии бывают: местные, соединяющие районы и населенные пункты между собой, а также со столицами и центрами областей, и международные, которые выходят за пределы государственных границ. *Аэропорты и аэродромы.* *Аэропортом* (рис. 6.1) называется предприятие, осуществляющее регулярный прием и отправку пассажиров, багажа, грузов и почты, организацию и обслуживание полетов воздушных судов и имеющее для этих целей аэродром, вокзал, другие наземные сооружения и необходимое оборудование.

Аэропорты постоянного базирования самолетов одного или нескольких летных подразделений гражданской авиации называются *базовыми*. Аэропорты (аэродромы), предназначенные для непредвиденной посадки самолетов, называются *запасными*.



Рисунок 6.1. Международный Аэропорт Инчхон, Сеул, Южная Корея

Аэродромом (от греческих слов *aer* — воздух, *dromos* — бег, т.е. место для бега воздушных судов) называется специально подготовленный земельный участок, имеющий комплекс сооружений и оборудования для взлета, посадки, руления и обслуживания самолетов.

Различают аэродромы: *постоянные*, оборудованные для регулярной эксплуатации, и *временные*, подготовленные для производства полетов в течение какого-либо ограниченного срока.

Классификация аэропортов и воздушных трасс. Практическое значение классификации аэропортов состоит в том, что она позволяет установить на перспективу не менее 20 лет для каждого класса аэропорта технологические, строительные и эксплуатационные требования, предусмотреть в их проектных решениях прогрессивную технологию и оборудование для обслуживания перевозочных процессов и полетов воздушных судов. Только при этом условии новый или реконструируемый аэропорт ко времени ввода в действие всех предусмотренных проектом объектов будет соответствовать требуемым уровням развития авиационной техники и обслуживания пассажиров, отвечать требованиям безопасности и регулярности полетов и требованиям архитектуры.

В зависимости от назначения, аэропорты гражданской авиации разделяются на международные и местные. Отнесение аэропорта к той или иной группе по назначению производится в зависимости от того, по каким воздушным трассам осуществляются полеты из данного аэропорта.

Воздушная трасса — коридор в воздушном пространстве, ограниченный по высоте и ширине, предназначенный для выполнения полетов воздушными судами всех ведомств, обеспеченный трассовыми аэродромами и оборудованный средствами радионавигации, контроля и управления воздушным движением. Воздушные трассы подразделяются на международные и местные воздушные линии. Аэропорты также как и воздушные трассы подразделяют на: международные; государственные; местные.

Классификация аэропортов осуществляется по: 1) объемам транспортной работы; 2) видам обслуживания перевозок; 3) транспортному назначению; 4) расположению относительно воздушных линий.

По виду обслуживания перевозок распределяют аэропорты на: пассажирские и грузовые. По транспортному назначению на: базовые и запасные. Относительно обслуживания воздушных линий аэропорты разделяют на: конечные, промежуточные и запасные.

Международная организация воздушной авиации «ИКАО» использует буквы от А до Е для классификации аэропортов. Буквы от А до Е распределяются в зависимости от длины взлётнопосадочной полосы (ВПП): класс аэропорта — длина ВПП, м; А–2134; В–1524–2134; С–914–1524; D–762–913; Е–610–761.

В состав аэропорта входят: 1) аэродром; 2) приаэродромная территория; 3) служебно-техническая территория; 4) отдельные сооружения.

Аэродром — специально подготовленный участок земли, имеющий комплекс сооружений и оборудования, которое обеспечивает взлет, регулирование, хранение и обслуживание воздушных судов.

К *международным* относят воздушные трассы, выделенные для выполнения международных полетов.

Местные воздушные линии — воздушные трассы, проложенные между населенными пунктами в пределах территориального управления (производственного объединения) гражданской авиации.

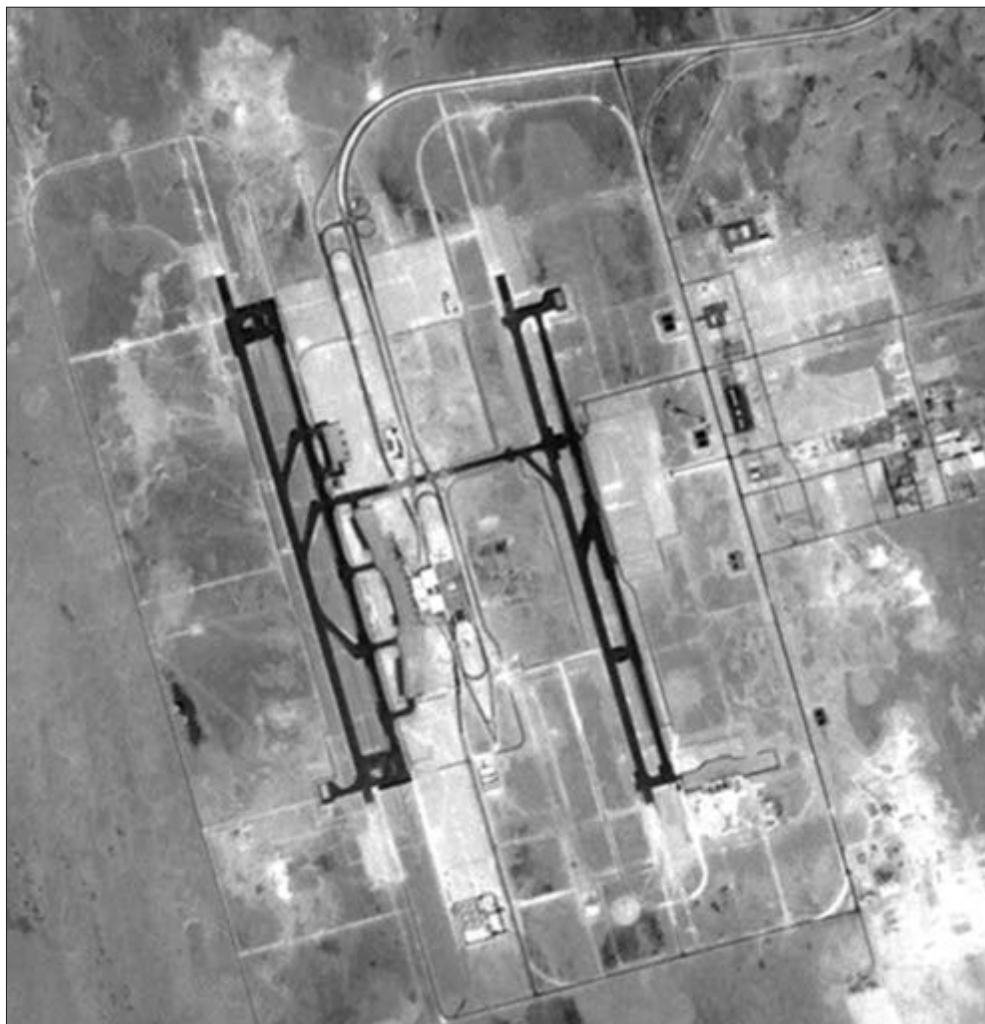


Рис. 6.2. Спутниковая съемка Международного аэропорта Король Фахд, Саудовская Аравия (Самый большой аэропорт с площадью 776 км²)

К международным относят аэропорты, выделенные для приема, выпуска и обслуживания воздушных судов, выполняющих международные полеты и имеющие пункты пограничного, таможенного и карантинного контроля.

К местным — аэропорты, в которых основной объем перевозок осуществляется по местным воздушным линиям (МВЛ).

Важным классификационным признаком является также *объем пассажирских перевозок* в аэропорту. За основу классификации принимается годовой объем пассажирских перевозок (годовая интенсивность движения пассажиров), т.е. суммарное количество всех прилетающих и вылетающих в течение года пассажиров, включая и пассажиров, транзитных рейсов. В зависимости от годового объема пассажирских перевозок аэропорты делятся на пять классов (таблица 6.3).

Аэропорты с годовым объемом пассажирских перевозок более 10 млн человек относят к внеклассным аэропортам, а с годовым объемом перевозок менее 100 тысяч человек — к неклассифицированным.

Таблица 6.3. Классификация аэропортов

Класс аэропорта	Годовой объем пассажирских перевозок, тысяч человек	Доля интенсивности движения, % в годовой интенсивности самолетов групп				Годовая интенсивность движения самолетов, тысяч взлетов и посадок
		I	II	III	IV	
I	7000–10000	10–15	60–65	30–20	–	70–87
II	4000–7000	5–10	60–75	35–15	–	45–70
III	2000–4000	–	30–45	45–40	25–15	36–57
IV	500–2000	–	0–15	50–55	50–30	20–50
V	100–500	–	–	45–50	55–50	5–20

В таблице 6.1 приведены не конкретные типы самолетов, а группы самолетов: I – А380 В767 Ил-62; Ил-62М; Ил-86, Ил-76 и другие магистральные дальние самолеты I класса;

II — Ту-154 Ту-154М; Ту-134; Як-42; Ан-12 и другие магистральные средние самолеты I и II классов;

III — Ан-24; Ан-26; Ан-30; Як-40 и другие магистральные ближние самолеты II и III классов;

IV — Л-410; Ан-28; Ан-2 и другие самолеты местных воздушных линий IV класса.

Деление самолетов на группы используется только при проектировании зданий и сооружений аэропортов. Такая группировка самолетов позволяет формулировать многие технологические, эксплуатационные и строительные требования к элементам аэродромов, зданиям, сооружениям и оборудованию аэропортов, определяемые не каждым конкретным самолетом, а отдельной группой самолетов, близких по своим летно-техническим характеристикам.

Классификационные показатели аэропортов с течением времени изменяются в соответствии с развитием авиационной техники и увеличением потребностей народного хозяйства и населения в воздушных перевозках.

При установлении классификационных показателей аэропортов прежде всего учитывают данные долгосрочного прогноза на перспективу не менее 20 лет объемов перевозок в целом по стране, отдельным экономическим районам и конкретным аэропортам.

Классификационные показатели аэропортов в процессе развития воздушного транспорта периодически пересматривается. Это обусловлено возрастающими потребностями воздушных перевозок, изменениями летно-технических характеристик самолетов, внедрением более прогрессивных планировочных схем аэропортов, совершенствованием систем навигации, посадки, УВД и другими факторами.

Планировка аэропорта. Для размещения современных аэропортов требуются значительные по площади земельные участки. Например, для аэропорта I класса требуется территория площадью 400–500 га. Некоторые внеклассные аэропорты имеют площадь до 1000 га и более. В пределах этой территории должно быть размещено с соблюдением установленных требований большое число функционально связанных между собой зданий и сооружений.

Генеральный план — одна из важнейших частей проекта аэропорта, определяющая его расположение на местности, комплексное решение планировки и благоустройства территории, расположение на ней зданий, сооружений, транспортных коммуникаций, инженерных сетей, оборудования систем управления воздушным движением, радионавигации и посадки воздушных судов и организацию социально-бытового обслуживания. В генеральном плане сосредоточиваются результаты решения большого комплекса взаимосвязанных задач — технологических, градостроительных, архитектурно-строительных, санитарно-гигиенических, социальных, экологических, экономических. Генеральный план — один из исходных документов, на основе которого определяют сметную стоимость строительства (реконструкции) аэропорта и разрабатывают проект организации строительства. Генеральный план аэропорта разрабатывают на топографической основе в масштабе 1:5000 на стадии технического проекта, 1:2000 — на стадии рабочих чертежей. Схема генерального плана аэропорта приведена на рисунке 6.3.

На генеральный план наносят проектируемые, существующие, реконструируемые и подлежащие сносу здания и сооружения; дороги всех видов, благоустройство и озеленение территории; площади для возможного расширения аэропорта (если это предусмотрено заданием на проектирование). На генплане помещают розу ветров. Генплан включает в себя пояснительную записку, содержащую краткую характеристику согласованного в установленном порядке участка для строи-

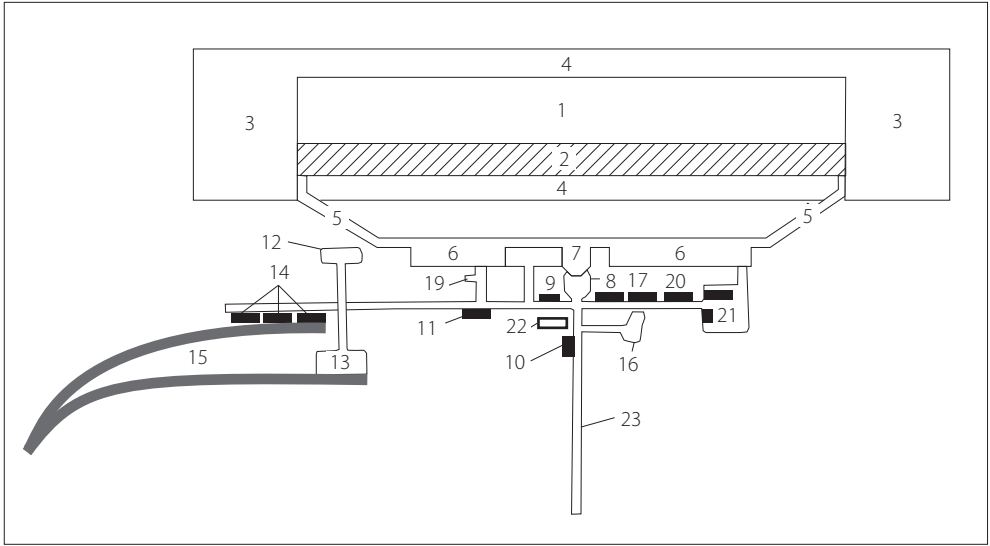


Рисунок 6.3. Схема типового генерального плана аэропорта: 1 — летное поле; 2 — ВПП; 3 — торцовые полосы безопасности; 4 — обочины; 5 — рулежные дорожки; 6 — места стоянок самолетов; 7 — перрон; 8 — аэровокзал; 9 — склад; 10 — гостиница; 11 — гараж; 12 — аэродромный двор; 13 — склад ГСМ; 14 — складская группа; 15 — железнодорожный подъездной путь; 16 — центральная котельная; 17 — столовая и магазин; 18 — пожарное депо и ВОХР; 19 — здание технической службы; 20 — склады ЛЭРМ; 21 — ангар ЛЭРМ; 22 — метеоплощадка; 23 — подъездная автодорога

тельства, обоснования принятых решений по компоновке генплана, транспорту, инженерным сетям, благоустройству территории и основные показатели (площадь, занимаемая аэропортом, плотность застройки и др.).

Генеральный план аэропорта должен обеспечивать наиболее благоприятные условия для производственных процессов в аэропорту, рациональное и экономное использование земельных участков и наибольшую эффективность капитальных вложений. Исходя из этого общего положения генеральный план аэропорта должен удовлетворять требованиям:

1) *обеспечения безопасности и регулярности полетов воздушных судов.* Реализация этого требования при проектировании генпланов аэропорта достигается обоснованным выбором размеров элементов аэродрома (ЛП, РД, перронов, МС); ограничением высотных препятствий в пределах приаэродромной территории; ориентированием ЛП относительно направления господствующих ветров; взаимным размещением элементов аэродрома (например, взаимное удаление двух ВПП, РД и ВПП и т.п.); выбором местоположения аэродрома и направления ЛП относительно других ближайших аэродромов и др.;

2) *функционально-технологическим*. Каждое здание и сооружение предназначено для выполнения определенных технологических операций. Технологический процесс определяет, таким образом, функциональные связи между зданиями и сооружениями. В генеральном плане аэропорта отражается вся система этой функциональной взаимосвязи. От того, как размещены здания и сооружения на генплане, в значительной степени зависят условия, время и экономичность выполнения технологических операций;

3) *градостроительным*. Эти требования учитывают размещение аэропорта относительно города и его функциональные связи с селитебными территориями и транспортными магистралями;

4) *архитектурно-строительным*. Реализация этого требования находит отражение в унификации объемно-планировочных решений зданий и сооружений, формирующих аэропорт, в использовании типовых проектов, рекомендуемых примерных схем генпланов аэропортов, соблюдении строительных норм и правил проектирования генеральных планов;

5) *санитарно-гигиеническим*. Они предусматривают размещение аэропорта, зданий и сооружений на его территории учетом исключения вредного воздействия производства на здоровье людей, пребывающих в аэропорту и на санитарно-бытовые условия жизни населения в окрестностях аэропорта;

6) *социальным*. Они обеспечивают наилучшие условия пребывания пассажиров на территории аэропорта, труда и отдыха людей, работающих в аэропорту и проживающих в его окрестностях. При проектировании генпланов это находит отражение, например, в мероприятиях по благоустройству территории аэропорта, организации транспорта и пешеходного движения, создании системы социально-бытового обслуживания и др.;

7) *экологическим*. Эти требования обеспечивают охрану, наиболее полное восстановление и обогащение окружающей среды в процессе строительства и эксплуатации аэропорта;

8) *экономическим*. Они обуславливают высокую экономическую эффективность принимаемых при проектировании генплана решений;

9) *эстетическим*. Эти требования обеспечивают архитектурно-художественную выразительность комплекса зданий и сооружений аэропорта.

При проектировании аэропорта все службы на его территории располагаются обычно в двух зонах — летной и служебной, кроме того, выделяется третья, жилая зона.

Летная зона включает в себя летное поле с взлетно-посадочными полосами, рулежные дорожки, полосы подхода, приаэродромную территорию, перроны, места стоянок самолетов.

Летное поле — это рабочая часть аэродрома, предназначенная для разбега самолетов при взлете и пробеге их при посадке. Оно состоит из одной или нескольких летных полос. Поверхность летной полосы должна быть ровной или

иметь уклон не более 2–3‰. Летная полоса, расположенная по направлению господствующих ветров, называется главной летной полосой. Часть летной полосы, которая имеет искусственное покрытие, называется взлетно-посадочной полосой (ВПП). Длина ВПП составляет от 1500 до 3500 м, ширина — 60–80 м. Вдоль ВПП располагаются радио- и светотехнические средства, используемые для посадки самолетов ночью и днем при плохой видимости земли.

Рулежные дорожки (РД) предназначены для движения самолетов от ВПП к местам стоянок и перронам. *Местами стоянок самолетов (МС)* называются специально оборудованные площади для хранения и технического обслуживания самолетов. Часть территории аэродрома, примыкающая к летному полю (летной полосе) со стороны взлета и посадки самолетов, называется *полосой подхода*, или *полосой безопасности*, а примыкающая к боковым границам летной полосы — *обочинами*. Приаэродромной территорией называется окружающая аэродром местность, на которой в целях безопасности полетов ограничивается высота зданий и сооружений. Воздушное пространство над ней называется *приаэродромной зоной*.

Воздушное пространство над аэродромом и приаэродромной территорией называется *аэротеррией*. Схема использования аэротеррии приведена на рисунке 6.4.

Служебная зона включает в себя: служебные здания для размещения служб аэропорта и летных подразделений, аэровокзал, здания и сооружения службы технической эксплуатации.

Жилая зона аэропорта объединяет территорию, где располагаются сооружения жилого, хозяйственного и культурно-бытового обслуживания личного состава аэропорта и летных подразделений и их семей.

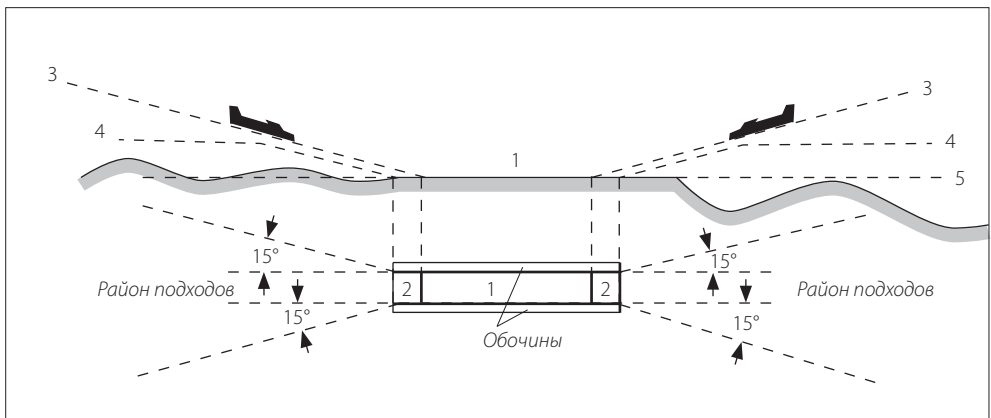


Рисунок 6.4. Схема использования аэротеррии в районе летной зоны аэропорта: 1 — летная полоса; 2 — полоса подходов; 3 — зона подходов (траектория взлета и посадки самолета); 4 — линия ограничения высоты препятствий в зонах подходов к аэродрому; 5 — линия горизонта летного поля

Гидроаэропорты. Они оборудуются для обеспечения регулярных полетов гидросамолетов. Гидроаэропорт имеет *акваторию* — водное пространство для взлета и посадки самолетов, и территорию для хранения и технического обслуживания самолетов, размещения служебных и технических зданий и других устройств.

Акватории устраиваются в виде круга, квадрата или нескольких летных полос, размеры которых зависят от типа гидросамолетов, общая длина — от 1500 до 3000 м, ширина 200–400 м при глубине акватории 1,5–4 м.

Авиаремонтные заводы — предприятия, обеспечивающие соответствующие виды ремонта одного или нескольких типов самолетов и вертолетов.

Парк летательных аппаратов состоит в основном из самолетов и вертолетов и является ведущим звеном воздушного транспорта.

Самолет представляет собой аппарат тяжелее воздуха, полет которого становится возможным благодаря взаимодействию силы тяги двигателей и возникающей (при движении) под ее воздействием подъемной силы крыла. Каждый самолет состоит из планера, тяговых двигателей, шасси и комплекса агрегатов и приборов для обеспечения функционирования всех систем самолета и управления им.

Вертолет — аппарат, подъем и полет которого осуществляется с помощью несущего воздушного винта с длинными лопастями, закрепленными на вертикальном валу. Вертолеты по назначению подразделяют на пассажирские, грузовые, санитарные, сельскохозяйственные, пожарные, спортивные и другие.

Самолеты гражданского воздушного флота по назначению подразделяются на пассажирские, грузовые, учебные, спортивные и специализированные (для обслуживания различных отраслей народного хозяйства). Различают самолеты по типу двигателей (поршневые, турбинные, турбореактивные), числу двигателей, их размещению, типу шасси (сухопутные, гидросамолеты, амфибии) и другим признакам.

Важнейшими технико-эксплуатационными параметрами летательных аппаратов является вместимость (для пассажирских) и грузоподъемность (для грузовых) самолетов, а также скорость и дальность полета. По скорости полета различают самолеты дозвуковые, летающие со скоростями менее скорости звука (M), как правило, $0,8 M$, и сверхзвуковые, крейсерская скорость которых превышает число Маха ($M = 1188 \text{ км/ч}$) — скорость звука в воздухе.

В зависимости от длительности беспересадочного полета (L) различают самолеты магистральных сообщений: дальние ($L = 6000 \text{ км}$ и более); средние ($L = 2500 \dots 6000 \text{ км}$); ближние ($L = 1000 \dots 2500 \text{ км}$); самолеты местных воздушных линий ($L = \text{до } 1000 \text{ км}$). Самолеты с взлетной массой более 75 т относят к I классу, от 30 до 75 т — ко II, от 10 до 30 т — к III и с массой менее 10 т — к IV классу.

В зависимости от дальности беспосадочного полета самолеты магистральных соединений распределяют на:

- 1) дальние ($L = 6000 \text{ км}$ и больше);

- 2) средние ($L = 2\,500\text{--}6000$ км);
- 3) близкие ($L = 1000\text{--}2500$ км);
- 4) местные воздушные линии ($L =$ до 1000 км).

Выше названные параметры находятся в тесной связи с типом и мощностью силовой установки, а также с максимальной взлетной массой (весом) самолета, которые также относятся к важным характеристикам летательных аппаратов.

Распределение самолетов по взлетной массе и классам:

- больше 75 т относятся к I классу;
- от 30 до 75 т относятся к II классу;
- от 70 до 30 т относятся к III классу;
- менее 10 т относятся к IV классу.

Взлетная масса определяет тип и вид наземных сооружений гражданской авиации (аэропортов, аэродромов).

Вертолеты разделяют на три весовых категории:

- 1) легкие — с взлетной массой до 4 т;
- 2) средние — с взлетной массой от 4 до 12 т;
- 3) тяжелые — с взлетной массой больше 12 т.

Вертолетные станции в зависимости от годового объема пассажироперевозок разделяют на три класса:

- I класс — с объемом пассажирских перевозок больше 30 тыс. чел.;
- II класс — от 15 до 30 тыс. чел.;
- III класс — до 15 тыс. чел.



7. ТРУБОПРОВОДНЫЙ ТРАНСПОРТ

Это транспорт, передающий на расстояние жидкие, газообразные или твердые продукты по трубопроводам. В нашей стране каждый год строятся десятки, сотни, даже тысячи километров новых трубопроводов. Устроен каждый такой трубопровод относительно просто. В землю закладывают чаще всего металлические трубы нужного диаметра, сваривая их в единую нить, через определенные расстояния строят насосные станции, которые поддерживают в трубопроводе необходимое давление, «подталкивают» из пункта А в пункт Б газ, воду или нефть.

Трубопроводы — очень дешевый вид транспорта. Расходы на транспортирование тонны нефти по трубе в несколько раз меньше, чем на перевозку автомобильным или железнодорожным транспортом. И поэтому трубопроводы в наши дни пересекают реки и болота, горные хребты, пустыни, ложатся на морское дно, проходят там, где никогда не было и не будет дорог.

Самые дорогие «детали» этого сооружения — трубы. На них приходится половина стоимости строительства. Поскольку площадь сечения трубы растет пропорционально квадрату диаметра, а расход металла на изготовление трубы — лишь в прямой пропорции, трубопроводы выгоднее строить из труб большого диаметра. Поэтому в последние годы, после того как на заводах была освоена гибка и сварка труб из стального листа, их диаметр стал достигать 1 м и более.

Техническая база включает:

- собственно трубопровод, представляющий собой линейную магистраль из сваренных и соответствующим образом изолированных труб с устройствами электрозащиты (рис. 7.1). Разновидностью линейной части являются наземные и подземные переходы через реки, озера, проливы, болота, автомагистрали, железнодорожные пути и т.д. Для строительства трубопроводов промышленности освоила выпуск труб диаметром 520, 720, 820, 1020, 1220 и 1420 мм;
- перекачечные и компрессорные станции (рис. 7.2) для транспортирования жидких и газообразных продуктов по трубопроводу в качестве головных (начальных) и промежуточных станций.

Общая производительность станции — 70 млн куб. м перекачиваемого газа в сутки:

- линейные узлы, представляющие собой устройства для соединения или разъединения параллельных или пересекающихся магистралей и перекрытия отдельных участков линий при ремонте;



Рисунок 7.1. Строительство линейной магистрали наземного трубопровода

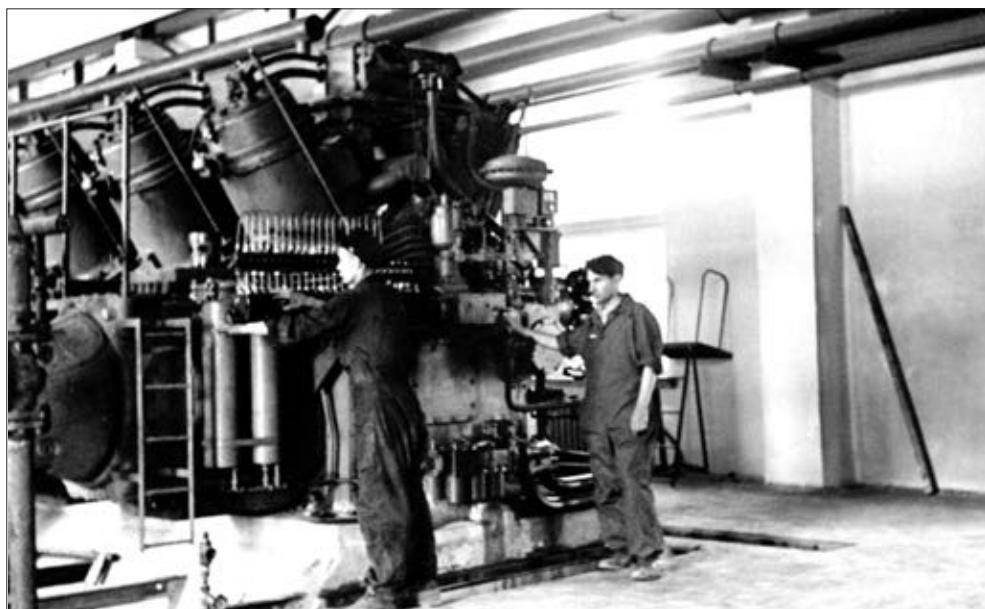


Рисунок 7.2. В зале поршневых газомоторных компрессоров Щекинской компрессорной станции газопровода Ставрополь — Москва установлено 10 газомоторных газоперекачивающих агрегатов типа 10ГК. Мощность каждого агрегата 736 кВт.

- линии электроснабжения, если силовые агрегаты (насосы, компрессоры) имеют электрический привод;
- линии связи для передачи необходимой информации, обеспечивающей нормальное функционирование системы.

В комплекс технического оснащения нефтепроводов входят сооружения и оборудование для обезвоживания и дегазации нефти, подогрева вязких сортов нефтепродуктов, особые емкости и др. Эффективность трубопроводных магистралей, невзирая на их относительно значительную металлоемкость, обуславливается возможностью доставки продукта к потребителю кратчайшим (в сравнении с другими видами транспорта) путем; большой пропускной способностью, автоматизацией процессов перекачивания, независимостью от сезона и погодных условий, незначительными сроками строительства, минимальными расходами транспортируемого продукта.

В наше время по трубопроводам транспортируется свыше 2/3 объёма топлива.

Преимущества использования трубопроводов является их применение для гидротранспортировки твердых материалов по пульпопроводам.

Самый длинный в мире нефтепровод «Дружба», который построен в 1960–1964 гг. имеет длину 5,1 тыс. км. С трубами диаметром 1020 мм в настоящий момент общая длина этой системы превышает 10 тыс. км.

Трубопроводный транспорт имеет самую низкую себестоимость транспортировки грузов.

Трубопроводом называется система, состоящая из труб и предназначенная для транспортировки жидких, газообразных и сыпучих веществ.

По назначению для народного хозяйства трубопроводы разделяют на:

1. Магистральные государственного (международного) значения;
2. Городские коммунально-сетевые;
3. Технологические для внутривозводской транспортировки.

Основными расчетными параметрами трубопроводов являются: 1) диаметр трубы; 2) рабочая температура транспортируемого материала; 3) условное давление.

Название трубопровода (газо-, нефте-, масло-, бензо-, конденсато- и др.) определяет транспортируемый материал.

В зависимости от рабочего давления магистральные трубопроводы разделяют на классы:

- по нормативному давлению:
 - I класс — $2,5 \text{ МПа} < P_n < 10 \text{ МПа}$;
 - II класс — $1,2 \text{ МПа} < P_n < 2,5 \text{ МПа}$;
- по условному диаметру:
 - I класс — $1000 \text{ мм} < D_u < 1200 \text{ мм}$;
 - II класс — $500 \text{ мм} < D_u < 1000 \text{ мм}$;
 - III класс — $300 \text{ мм} < D_u < 500 \text{ мм}$;

IV класс — Ду < 300 мм

Трубопроводы считаются холодными, если материал транспортировки имеет рабочую температуру до 50°C; а горячими, если рабочая температура более 50°C.

Под техническим коридором магистральных трубопроводов понимают систему параллельно проложенных по одной трассе трубопроводов, предназначенных для транспортировки нефти и газа.

Магистральный трубопровод — сооружение линейного типа, в которое входят ряд объектов, предназначенных для выполнения операций с транспортируемым материалом.

Техническая база современного трубопроводного транспорта включает: сам трубопровод, перекачивающие и компрессорные станции, подземные хранилища, линии энергообеспечения, линии связи и объекты ремонтно-эксплуатационной службы и др.

В зависимости от расположения магистрального трубопровода относительно поверхности земли используют следующие схемы прокладки: подземную, полуподземную, наземную, надземную (рис. 7.3).

Городские коммунально-сетевые трубопроводы используют для удовлетворения потребностей городского населения и промышленных предприятий. К городским газопроводам относят трубопроводы с низким давлением ($P_p < 0,005$ МПа), со средним давлением ($P_p — 0,005 \div 0,003$ МПа), с высоким давлением ($P_p > 0,3$ МПа).

Технологическими называют трубопроводы промышленных предприятий по которым транспортируется сырье, полуфабрикаты и готовая продукция, пар, вода, топливо и другие материалы, которые обеспечивают технологический процесс и эксплуатацию оборудования.

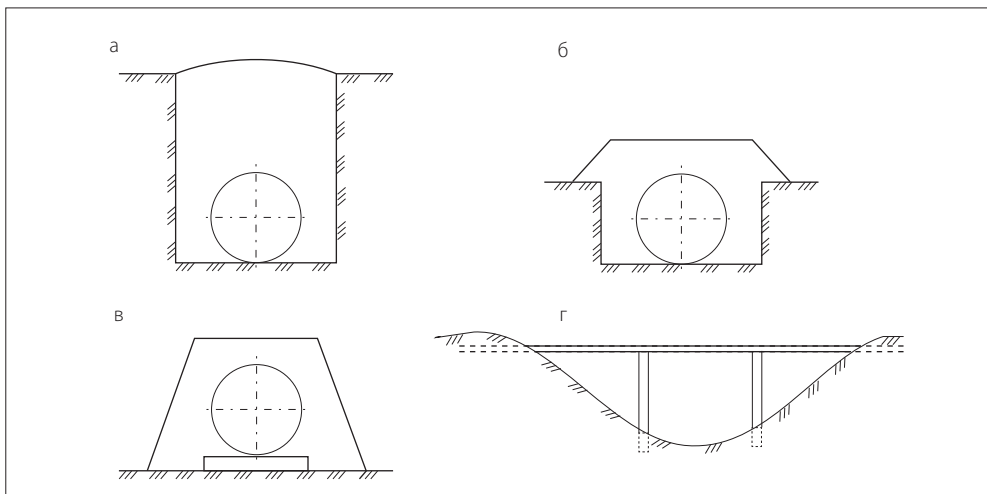


Рисунок 7.3. Схемы прокладки трубопроводов: а) подземная; б) полуподземная; в) наземная; г) надземная

Система пневмотранспорта в сравнении с другими транспортными средствами имеет значительные преимущества: большая скорость доставки грузов, непрерывность технологического процесса, полная автоматизация труда и высокая ее производительность, отсутствие потери грузов.

Пневмотрубопроводы могут быть проложены под землей, на эстакадах, по дну рек и озер, в болотах и горах. Они способны транспортировать сыпучие грузы, строительные материалы, полезные ископаемые, мелкие искусственные грузы.

Работа пневмотранспорта состоит из таких основных элементов: погрузочно-разгрузочных станций, транспортных трубопроводов, подвижного состава, воздухонагнетающих станций, средств автоматики и связи, участков технического обслуживания.

Перепад давления обеспечивается расположенными вдоль трассы воздухонагнетающими станциями. Перепад давления незначителен — не больше 6–10 атмосфер при угле подъема до 30. Такое давление, например, достигает поезд с 6–12 контейнерами, нагруженными строительными камнями, движущийся со скоростью до 60 км/час. Грузоподъемность контейнера — 4,5 т.

Система пневмотранспорта управляется программой.

Пневмосистемы могут иметь ответвления, благодаря которым обеспечивается доставка грузов по нужным адресам. Особенности сооружения и эксплуатации трубопроводов. На трубопроводах большого протяжения через 80–150 км сооружаются промежуточные перекачечные и компрессорные станции. Например, на нефтепроводе «Дружба» перекачечные станции мощностью 7000 м³/ч были размещены через 80–100 км и питались электроэнергией специально сооруженной линии электропередачи. В качестве перекачечных агрегатов применяются поршневые или центробежные насосы.

В первых магистральных газопроводах поддерживалось рабочее давление 12–25 атм. (1,2–2,5 МПа). В последующем оно было повышено в несколько раз. Сейчас трубопроводы работают под давлением примерно 50–60 атмосфер. Скорость движения нефти в трубопроводе обычно достигает 1–1,5 м/с.

Под влиянием сопротивления движению давление в трубах сравнительно быстро падает. Потери напора в трубопроводе H могут быть определены по формуле

$$H = kLv^2/2gd, \quad (7.1)$$

где k — коэффициент трения; L — длина трубопровода, м; v — скорость движения груза в трубопроводе, м/с; g — ускорение силы тяжести, м/с²; d — диаметр трубопровода, м.

Сооружаемые на трассе и в конце газопроводной магистрали распределительные станции понижают давление поступающего к ним газа и подают его в распределительную сеть потребителям.

Трубопроводы в повышенных местах трассы имеют специальные устройства — вантузы для периодического выпуска скапливающегося здесь воздуха. В пониженных местах профиля трассы устраиваются спускные осадочные колодцы для очистки трубопровода от песка и грязи. Эксплуатация трубопроводов непрерывна, надежна и не зависит от времени года и климатических условий. Высокая герметичность трубопроводных каналов обеспечивает сокращение потерь нефти в 1,5 и 2,5 раза по сравнению с транспортировкой ее соответственно железнодорожным и водным транспортом.

К основным технико-экономическим особенностям и преимуществам трубопроводного транспорта относят:

- возможность повсеместной прокладки трубопроводов;
- массовость размеров перекачки; самую низкую себестоимость транспортировки (если принять среднюю себестоимость перевозок на транспорте за 100%, то на трубопроводном транспорте она составит 30%, на железнодорожном — 80%, на автомобильном — 1600%);
- полную герметизацию, что дает абсолютную сохранность качества и количества грузов;
- полную автоматизацию операций по наливу, сливу и перекачке;
- меньшие капитальные первоначальные вложения;
- независимость от климатических условий, а также отсутствие отрицательного воздействия на окружающую среду при соответствующей изоляции и малочисленность обслуживающего персонала.

Удельный расход топлива на перекачку в 7–12 раз меньше, чем на перевозку железнодорожным транспортом. Основной недостаток — узкая специализация по видам грузов. Из-за отсутствия операций погрузки и выгрузки дальность перекачки не оказывает заметного влияния на себестоимость транспортировки. Главный фактор экономичности трубопроводов — массовость транспортируемых грузов, возможность концентрации грузопотоков. Современные газопроводы только по одной линии могут транспортировать в год 30–40 млрд м³ газа, а нефтепроводы — более 100 млн т нефти.

Кроме нефтепродуктов, природного газа, по трубам транспортируют продукцию химической, нефтехимической, соляной, угольной, строительных материалов и других отраслей промышленности. Трубопроводный транспорт играет все более существенную роль в размещении производительных сил страны, способствует индустриальному развитию экономических районов, решению социальных задач. В 1977 г. был построен рассолопровод Стерлитамак — Уфа длиной 150 км, обеспечивающий ежегодную транспортировку 600 тыс. м³ раствора поваренной соли от Баскунчакского месторождения.

Существуют два способа перекачки по одному и тому же трубопроводу разных жидкостей (нефти, керосина, бензина, мазута). Их можно разделить резиновыми

или пластмассовыми шарами (последовательная перекачка) или транспортировать по разным пластмассовым шлангам, размещенным в трубопроводе.

Сегодня нефть и газ покрывают основную часть топливных потребностей народного хозяйства страны, при этом 85% газа идёт на производство электроэнергии и энергетические нужды промышленности. Все это стало возможным потому, что параллельно с добычей прогрессивных видов топлива развивался их транспорт, особенно трубопроводный.

7.1. Научно-технические проблемы развития трубопроводного транспорта

Перспективные технологические возможности трубопроводного транспорта в основном определены. К ним можно отнести: традиционные способы транспортировки жидких или газообразных продуктов; транспортировку твердых продуктов в смеси с водой или другой жидкостью (гидротранспорт), а также в смеси с газом (пневмотранспорт); капсульные или контейнерные способы транспортирования сыпучих порошкообразных или гранулированных продуктов, не допускающих контакта с жидкостями. Эти технологические возможности в настоящее время экспериментально проверяются с тем, чтобы в ближайшие годы трубопроводный транспорт шире использовался для доставки многих новых грузов.

Наряду с трубопроводами для транспортирования жидких углеводородов и природного газа расширяется сооружение трубопроводов для перекачки ряда других грузов. В их числе этилен, жидкий аммиак, раствор поваренной соли.

Небольшие по протяженности трубопроводы используются для транспортировки в виде пульпы твердых веществ: угля, руды, нерудных материалов. Однако создание таких трубопроводов ещё представляет серьезную проблему.

Транспортирование массовых сыпучих и пылящих грузов, включая зерно, цемент, известь и другие, осуществляется часто в потоке воздуха. Эти пневмопроводы имеют небольшое протяжение и используются для загрузки и разгрузки вагонов, судов, автомобилей в пунктах производства и потребления названных продуктов.

Дальнейшее наращивание сети трубопровода остается серьезной научно-технической проблемой. На будущее основной базой для добычи газа (наряду с Уренгоем и Медвежьим) станет Ямбург, откуда протянется 6 трубопроводов большого диаметра.

Остается проблемой пересечение трубопроводами крупных водных преград, хотя опыт здесь богатый.

В настоящее время свыше 98% нефти и 100% газа транспортируется по трубопроводам, но более половины нефтепродуктов — железнодорожным и частично водным транспортом с себестоимостью в 3–5 раз выше, чем по трубопроводам.

Одна из проблем заключается в повышении пропускной способности трубопроводов. Для этого необходимо применять трубы большого диаметра (1420 и 1620 мм)

и повышать давление в трубопроводах. Зависимость провозной способности нефтепровода от диаметра трубы может быть проиллюстрирована следующими цифрами: при диаметре 720 мм — 15 млн т в год; 1020 мм — 45 млн т; 1420 мм — 75 млн т. Ранее построенные трубопроводы работают под давлением на входе 50–56 атм (5–5,5 МПа). Новые магистрали рассчитаны на 75 атм (7,5 МПа).

Удельные капитальные вложения снижаются при увеличении диаметра. Например, использование труб диаметром 1420 мм дает уменьшение капиталовложений на 20%, а по эксплуатационным расходам — на 30% от уровня затрат при диаметре 1020 мм.

На 1 км газопровода диаметром 1420 мм идет примерно 700 т труб. Перед металлургами стоит задача создания особо прочных и тонкостенных труб.

С целью повышения пропускной способности газопроводов разрабатывается метод перекачки охлажденного до минус 70–75° С газа, а также сжиженного газа по теплоизолированным трубам.

Непростую задачу представляет расширение сети продуктопроводов с обеспечением первоначального и промежуточного подогрева вязких продуктов. Уже имеется «горячий» нефтепровод Мангышлак — Украина протяженностью 2500 км, по которому транспортируется нефть с температурой плюс 50°С.

Пока остается не до конца решенной проблема предохранения труб от внешней и внутренней коррозии из-за химической активности транспортируемого груза. Изоляция внутренних поверхностей повышает пропускную способность на 5–8%, но удорожает общую стоимость труб. В крупных городах проблема коррозии усугубляется блуждающими токами. В России ежегодно из-за коррозии теряется до 15 млн т стали.

Трубы от коррозии защищаются различными методами, в частности, битумно-бумажным покрытием, полимерными пленками с защитными обертками, эпоксидными и лакокрасочными пленками, пенополиуретаном и др. Самым надежным является эмалирование, но в связи с его дороговизной применяется довольно ограниченно, в основном в городах. За рубежом применяют полиэтиленовые покрытия на предварительно нанесенный клеевой состав из бутилкаучука или покрытия на основе эпоксидных смол, обладающих высокой прочностью и стойкостью к повышению температуры, а также многослойные покрытия из полиэтиленовых и поливинилхлоридных лент на бутилкаучуковой грунтовке. Для внутренней изоляции применяют лакокрасочные покрытия на основе эпоксидных полиуретановых смол и цементно-песчаные покрытия.

Одной из важнейших задач является обеспечение безаварийности функционирования жидкостных и газовых трубопроводных систем. Требуется дальнейших разработок телемеханизация и автоматизация управления работой трубопроводов.

В странах СНГ разрабатываются и осуществляются проекты трубопроводов, по которым грузы перемещаются в виде гидро- и пневмосмесей, капсул, в специальных

контейнерах. В Кузбассе, например, от шахт Юбилейная и Инская к Беловской ГРЭС проложены углепроводы. Миллионы тонн топлива доставляются по ним гораздо быстрее и с меньшими затратами, чем другими видами транспорта. Чтобы снизить потребление энергии, уменьшить износ труб, увеличить расстояние доставки грузов, используется специально подготовленная мелкодисперсная пульпа. И хотя скорость движения пульпы невелика, зато такой способ более экономичен, оборудование изнашивается значительно меньше.

Трубопроводный транспорт эффективен, естественно, не только для перевозки угля. Разработаны проекты трубопроводов для доставки железорудного концентрата с Лебединского горно-обогатительного комбината на фабрику окомкования Оскольского электрометаллургического комбината, руды с горнорудных предприятий Кривбасса на металлургические заводы Приднепровья и Донецкой области, с Соколовско-Сарбайского горно-обогатительного комбината на Магнитогорский металлургический комбинат и др.

По трубопроводам можно перемещать не только гидropульпу, но и контейнеры по принципу пневмопочты. Гидро- и пневмотрубопроводы для транспортировки твердых материалов особенно перспективны при создании единых технологических комплексов добычи, доставки и использования сырья. Перспективным направлением развития трубопроводов является использование контейнеров-капсул, которые можно перемещать не только по трубам, но и наземным и водным транспортом.

Трубопроводный транспорт используется для перемещения твердых сыпучих грузов, например, угля, щебня, других строительных материалов, бытовых отходов в крупных городах и др. Трубоконтейнерный транспорт начал использоваться для транспортировки сыпучих грузов, бытовых и промышленных отходов, сельскохозяйственных и других грузов. Использование этого вида транспорта позволяет разгрузить железные дороги от перевозок грузов на короткие расстояния, исключить автомобильные перевозки на вывозе этих грузов. В Грузии работает пневматическая линия на трубопроводе диаметром 1000 мм, протяженностью 2,2 км для транспортировки щебня, гравия, песка. Пропускная способность трубопровода составляет 640 тыс. т в год. Там же создается самая крупная в мировой практике двухтрубная пневмоконтейнерная система протяженностью 42 км. Первая очередь (17,5 км) уже введена в действие. Она обеспечила подачу щебня из карьера на завод железобетонных изделий. Система работает в автоматическом режиме, в ее состав входит два пневмовоза, восемь сцепленных друг с другом контейнеров-вагонеток. Общая масса поезда 25 т, его скорость до 30 км/ч. Пропускная способность этой системы в 20 раз выше, чем при использовании автомобильного транспорта, а годовая экономия дизельного топлива составляет около 13,5 тыс. т.

Трубопроводный транспорт повышает надежность, маневренность снабжения топливно-энергетическими ресурсами, исключает потери продуктов в процессе

их доставки от производителя к потребителю, дает возможность снизить транспортные издержки, повысить производительность труда работников транспорта.

Преимущества трубопроводного транспорта определяют основные направления его развития на перспективу: транспортировка топливно-энергетического сырья; перемещение новых нетрадиционных для трубопроводов грузов, в том числе твердых продуктов, перекачка жидких химических продуктов и сырья. По первому из указанных направлений основной специализацией магистральных трубопроводов будет транспортировка жидкого и газообразного углеводородного сырья. Возможно, что уже в скором времени трубопроводы будут брать свое начало не от природных месторождений нефти и газа, а от специальных предприятий по переработке углей или битумов. Одновременно с этим более широкое применение получит транспортировка угля по трубопроводам, в том числе так называемым контейнерным способом.

Проводятся экспериментальные работы по доставке трубопроводным транспортом на переработку некоторых видов сельскохозяйственной продукции — помидоров, ягод, фруктов. Перемещение их по трубам резко уменьшает потери ценных веществ, автоматизирует погрузку-выгрузку, ускоряет и удешевляет доставку. Существуют проекты централизованной системы разветвленных трубопроводов для доставки жидких удобрений от завода к сельскохозяйственным потребителям ряда экономических районов. На примере Рязанской области были сделаны расчеты по экономическому обоснованию доставки таким способом удобрений Новомосковского химкомбината. Расчеты показали, что, несмотря на значительную сеть железнодорожных и автомобильных дорог в Рязанской области, доставка аммиака по трубопроводам дешевле, чем при использовании железнодорожного и автомобильного транспорта.

Во многих районах стоимость перевозки зерна к хлебоприемным пунктам достигает 30% закупочной стоимости. Для этих целей тоже может быть использован трубопроводный транспорт, который в ряде случаев дает заметное снижение транспортных расходов. Применение в сельском хозяйстве универсальной трубопроводной сети, по которой можно было бы перемещать и удобрения, и сельхозпродукты (а это с технологической точки зрения возможно), значительно улучшит обеспечение транспортных потребностей агропромышленного комплекса страны.

Продолжаются исследования по применению труб большого диаметра для скоростной доставки людей. Уровень максимальной скорости пассажирских капсул или составов в трубопроводе, который можно достичь уже в современных условиях, — 600–1000 км/ч, а в проектах перспективных систем — до 3000 км/ч. Соппротивление движению, как главная причина повышенного расхода топлива, загрязнения воздуха, высокого уровня шума в наземных системах, при трубопроводном транспорте может быть во много раз снижено путем вакуумирования и применения бесконтактных магнитных подвесок. Заглубление трубопроводов

на 15–20 м позволит решить проблему шума, отвода земли для их строительства. Эти преимущества достаточно весомы, чтобы использование трубопроводного транспорта для перевозок пассажиров стало реальностью в обозримом будущем. Не исключено, что этот вид транспорта со временем сможет успешно конкурировать с авиацией.

Трубопроводы в зависимости от природно-климатических условий региона укладываются непосредственно на землю, на специальные эстакады или закладываются в землю (наиболее распространенный способ для городских трубопроводов). При пересечении водных преград трубопровод проводят по дну. В связи с этим возникают проблемы, особенно в зонах вечной мерзлоты, пустынно-степных и др., так как при перекачке грузов трубопровод нагревается, и меняется тепловой режим почвы. Мерзлота подтаивает, что приводит к обрыву трубопроводов. В зонах с низкими температурами обычные марки стали становятся хрупкими. Для районов, характеризующихся лавинообразованием, изготавливаются многослойные трубы, что позволяет поднимать рабочее давление. Лазерная спайка и сварка повышают качество швов.

Интенсивное развитие трубопроводного транспорта потребовало коренной перестройки как техники, так и технологии строительства трубопроводов. Значительному ускорению строительства объектов нефтегазовой промышленности и прокладки трубопроводов способствовало внедрение в практику комплексно-блочного метода. Суть его заключается в сборке технологических блоков, блочно-комплектных устройств, укрупненных монтажных узлов, комплектных зданий, которые доставляются на место работ в готовом виде со всеми коммуникациями.

Предусматривается расширить масштабы использования блоков и блочно-комплектных устройств в нефтегазовом строительстве в 2,7 раза по сравнению с предыдущим пятилетием. Иначе говоря, необходим переход от сборки отдельных частей-блоков к доставке на площадки полностью законченных сооружений в виде крупногабаритных объемных блоков и суперблоков массой от 300 до 1000 т, например, насосных станций и т.п. Это особенно важно при строительстве за Полярным кругом, в условиях мерзлоты, низких температур и сильных ветров. Однако применение этого прогрессивного метода строительства требует новых транспортных средств для поставки тяжелых блоков к месту монтажа — специальных тягачей на колесном и гусеничном ходу, на воздушной подушке. Изучаются возможности создания и использования летательных аппаратов большой грузоподъемности — специальных вертолетов, дирижаблей и др.



8. ГОРОДСКОЙ ТРАНСПОРТ

8.1. Виды городского транспорта

Городское движение разнородно. Его составляют пешеходные и транспортные потоки различного назначения. В целях безопасности движения и повышения эффективности использования площадей городских проездов их разделяют в пространстве города и направляют по специально отведенным территориям: тротуарам, полосам проезжей части улиц, искусственным надземным сооружениям (мостам, эстакадам) или подземным сооружениям (тоннелям).

По назначению городской транспорт разделяют на пассажирский, грузовой и специальный. Классификационная схема городского транспорта (ГТ) показана на рисунке 8.1. *Городской пассажирский транспорт* (ГПТ). Предназначен для перевозки населения в городской и прилегающей к ней зоне по различным целям: трудовым, деловым, общественным или культурно-бытовым. Объекты, определяющие цели передвижения городского населения (предприятия, театры, бытовые учреждения и др.), называют *центрами транспортного тяготения*.

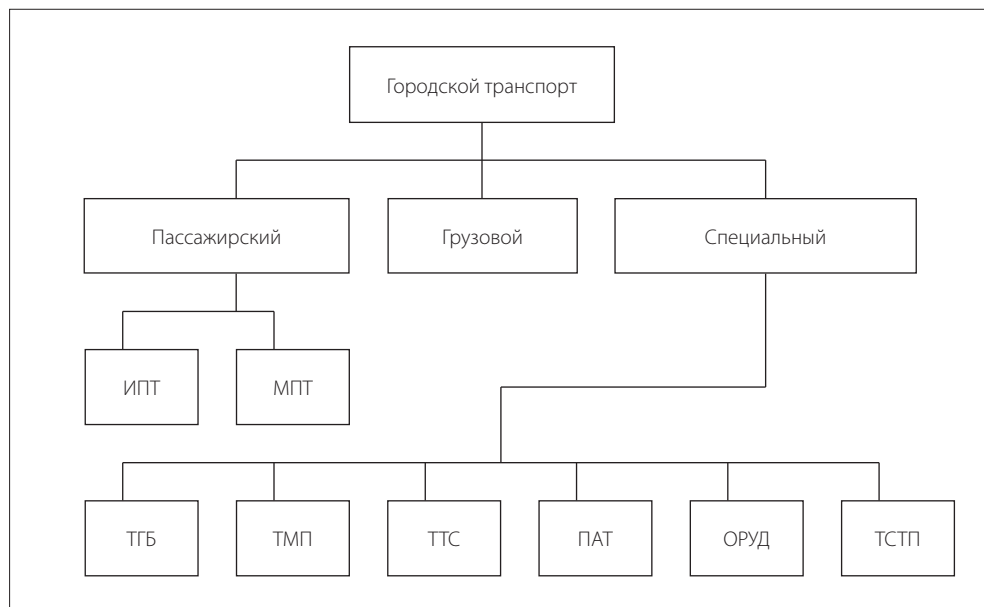


Рисунок 8.1. Классификация городского транспорта по назначению

По вместимости транспортных средств ГПТ подразделяют:

- на индивидуальный пассажирский транспорт (ИПТ) — легковые автомобили, мотоциклы, велосипеды;
- массовый или общественный городской пассажирский транспорт (МПТ, ГМПТ) — трамвай, троллейбус, автобус, метрополитен, городские железные дороги, речной трамвай и др.

Для повышения качества обслуживания пассажиров городской пассажирский транспорт оборудуется специальными условиями для инвалидов (рис. 8.2). Индивидуальный пассажирский транспорт характеризуется вместимостью порядка 1–8 человек, общественный (массовый) пассажирский транспорт — вместимостью от 18–20 до 200–230 человек и более.

По системе организации движения ГПТ подразделяют на маршрутный и не маршрутный. Движение транспортных средств *маршрутного ГПТ* организуют по определенным направлениям — маршрутам, оборудованным посадоч-



Рисунок 8.2. Оборудование городского автобуса устройством для посадки и высадки инвалидов (СамАвто, Узбекистан)

ными площадками, павильонами и маршрутными указателями для пассажиров. Движение транспортных средств *не маршрутного ГПТ* организуют на проезжей части улиц по системе свободного движения в пределах ограничений, накладываемых дорожными знаками, разметкой проезжей части и светофорной сигнализацией. В основном все виды современного МПТ работают по маршрутному принципу, а средства ИПТ — по системе свободного движения. Исключение составляют только маршрутные такси, которые по вместимости близки к ИПТ, а по организации движения — к МПТ.

Грузовой городской транспорт (ГГТ). Выполняет городские грузовые перевозки промышленного, коммунального и бытового назначения. В грузовом городском движении преобладают грузовые автомобили грузоподъемностью 2–25 т, а также (в меньшей степени) трамваи и троллейбусы, железнодорожный и водный транспорт. По системе организации движения ГГТ, как и ГПТ, подразделяют на маршрутный и немаршрутный. *Маршрутную* систему организации движения ГГТ применяют на направлениях постоянных грузопотоков, *немаршрутную* — при организации грузоперевозок в различные адреса по временным заявкам и заказам.

Доля ГГТ в общем городском движении современных городов относительно невелика (1/3 против 2/3 движения ГПТ). Однако в различных городах доля грузового движения может быть самой различной. В движении ГПТ преобладает легковой автотранспорт (до 95% общего размера движения), основную долю которого составляют легковые автомашины личного пользования и меньшую — таксомоторы (такси) и ведомственные втомобили. На долю МПТ приходится менее 5% общего объема движения.

Специальный городской транспорт (СГТ). Включает в себя транспортные средства городского благоустройства (ТГБ — поливальщики улиц, мусоро- и снегоуборочные машины, специальные машины по ремонту дорожных покрытий), санитарного транспорта скорой медицинской помощи и помощи на дому (ТМП), транспорта торговой сети (ТТС — специализированные автомашины «хлеб», «молоко», «мебель», «доставка продуктов на дом» и др.), пожарного автотранспорта (ПАТ), автотранспорта Отдела регулирования уличного движения Управления внутренних дел — (ОРУД), автотранспорт скорой технической помощи (ТСТП) и др. Доля этих видов транспорта в общегородском движении составляет обычно незначительную часть.

Для маршрутного ГПТ характерно движение по расписанию, т.е. регламентированное во времени и городском пространстве. Для остальных видов ГПТ и ГГТ движение или совсем не регламентируется во времени и пространстве (кроме ограничений, накладываемых разметкой проезжей части улиц, дорожными знаками и светофорной сигнализацией) или определенный объем таких регламентных ограничений движения задается (например, для маршрутного грузового транспорта), но он менее строг, чем на маршрутном ГПТ. Поэтому принципы организации

движения маршрутного ГПТ резко отличаются от организации движения остального городского транспорта. В первом случае они осуществляются методом контроля за движением каждого отдельного поезда, во втором — методом контроля за движением транспортных потоков с делением их на грузовое и легковое движение по составу и прямое, правоповоротное и левоповоротное по направлению ожидаемого движения на перекрестках. При небольшой интенсивности грузовое и легковое движение часто даже и не разделяют.

Техническая база городского пассажирского транспорта

Состав основных элементов систем ГПТ определяется видом используемых в них транспортных средств — подвижного состава. В целом же системы ГПТ представляют собой сложные многоотраслевые хозяйства, основными элементами которых являются подвижной состав (ПС), путевые сооружения и устройства (рис. 8.3.), сооружения и устройства для хранения, технического обслуживания и ремонта подвижного состава (Д), сооружения и устройства энергоснабжения (обеспечения энергией) подвижного состава для выполнения транспортной работы (Э) и устройства организации движения подвижного состава на линии (ОД).

Особенности города определяют характеристики требующейся для него транспортной системы ГПТ и оказывают влияние на выбор видов транспорта, транспортных сооружений и системы организации движения.

Основной элемент любых транспортных систем — подвижной состав. По виду подвижного состава различают рельсовый и безрельсовый ГПТ. Безрельсовым назы-



Рисунок 8.3. Оборудование городского остановочного пункта

вают подвижной состав с колесной ходовой частью и пневматическими колесами, предназначенный для движения по обычным дорожным покрытиям без специальных путевых направляющих устройств (автобусы, троллейбусы и легковые автомобили).

Автобус — безрельсовый уличный вид транспорта с автономным энергоснабжением. Энергия, необходимая для движения автобусов, вырабатывается из запасов горючего (бензин, нефть, дизельное или твердое топливо), которые вместе с силовой установкой находятся на автобусе. Это определяет автономность автобусов, их высокую маневренность и в то же время пониженные весовые характеристики. Автобусы не требуют сооружения специальных путевых устройств, их движение, как и троллейбусов, организуют по обычному дорожному полотну городских улиц. В связи с этим автобус требует небольших затрат в транспортную сеть, которые ограничиваются по существу капиталовложениями на сооружение станций заправки, конечных станций маршрутов и устройство остановочных пунктов. Высокая маневренность автобуса обеспечивает возможность легкого изменения его транспортной сети и маршрутной системы в соответствии с сезонным, недельным и даже суточным колебанием пассажиропотоков. Поэтому автобусы обслуживают районы новой жилой застройки. Автобусы легко направлять с маршрута на маршрут в соответствии с изменением пассажиропотоков. Это преимущество широко используют для организации пассажироперевозок в районах, где заблаговременно не подготовлен троллейбус или трамвай. Автобус находит широкое применение для городских пассажироперевозок мелких городов как основной вид транспорта на маршрутах со сравнительно небольшими пассажиропотоками и крупных городов — как вспомогательный на подвозящих и развозящих маршрутах. В странах СНГ автобусное обслуживание имеют около 2000 городов, подвижной состав которых превышает 60 тыс. машин. В США, Англии, Франции и других странах системы МПТ организуют в ряде случаев исключительно на базе автобусов.

Главные недостатки автобусов с двигателями внутреннего сгорания — загрязнение атмосферы продуктами сгорания автомобильных топлив, сравнительно низкая провозная способность и высокие уровни шума. Дефицитность нефтепродуктов увеличивает себестоимость автобусных перевозок и требует совершенствования автомобильных двигателей. Провозная способность автобусов ниже провозной способности трамвая. Перспективным считают освоение автобусом пассажиропотоков до 6–8 тыс. пас./ч (в одном направлении движения), которые при минимально допустимом интервале движения в 1 мин (интенсивности движения 60 машин/ч) требуют использования автобусов особо большой вместимости до 100–140 пассажиров. Обычные автобусы большой вместимости (70–80 пассажиромест при нормальном наполнении) осваивают пассажиропоток до 4,2–4,8 тыс. пас./ч (в одном направлении движения), средней (40–50 мест) — 2,4–3,0 тыс. пас./ч, малой (25–30 мест) — 1,5–1,8 тыс. пас./ч и особо малой вместимости (10–12 мест) до 0,6–0,7 тыс. пас./ч (в одном направлении движения).

Основные проблемы автобусостроения в настоящее время: повышение конструктивного уровня отечественных автобусов, их комфортабельности, технико-эксплуатационных качеств и надежности (особенно в зимнее время), снижение токсичности.

Различают автобусы одно-этажные (наиболее часто применяемые), полутора- и двухэтажные (их используют в Англии и некоторых других странах с целью повышения провозной способности при ограниченной пропускной способности городских улиц, для уменьшения удельной нормы площади, занимаемой пассажирами на проезжей части). Последние более громоздки, уступают одноэтажным по комфортабельности и менее устойчивы, но экономичнее одноэтажных благодаря более высокой вместимости и, следовательно, объему пассажироперевозок в расчете на одного водителя.

Шарнирно-сочлененные автобусы большой и особо большой вместимости с различным количеством осей и кузовных секций, как и двухэтажные, характеризуются высокими экономическими показателями, обусловленными большой вместимостью и объемом пассажироперевозок в расчете на одного водителя, но более громоздки и менее подвижны по сравнению с одиночными, в большей мере загромождают улицы и имеют поэтому более низкую скорость сообщения. В условиях интенсивного уличного движения положительные качества сочлененных автобусов могут быть реализованы лишь при выделении для них обособленных полос. Если выполнить это не представляется возможным, то правильнее использовать не сочлененные, а двухэтажные или полутораэтажные автобусы, которые менее громоздки.

Троллейбус — безрельсовый уличный вид транспорта. В отличие от автобуса он связан с трассой контактной сетью централизованного электроснабжения, которое дает троллейбусу перед автобусами ряд преимуществ:

- взамен остродефицитного и дорогого жидкого топлива троллейбусы расходуют электрическую энергию, вырабатываемую на гидроэлектростанциях и тепловых электрических станциях при сжигании низкосортных топлив (низкосортного каменного угля, торфа, сланцев);
- воздушный бассейн городов не загрязняют продукты сгорания автомобильного топлива, троллейбусы более бесшумны;
- тяговые электродвигатели надежнее в эксплуатации и требуют меньшего ухода по сравнению с двигателями внутреннего сгорания;
- отличаются более высокими динамическими характеристиками и удельными весовыми показателями, так как могут использовать из контактной сети практически любую мощность и не перевозят на себе запас топлива;
- продолжительным сроком службы и более низкой себестоимостью пассажирских перевозок.

Но с наличием контактной сети связаны не только преимущества, но и недостатки троллейбусного транспорта:

- контактная сеть загромождает улицы и площади городов, ухудшает их вид;
- связь с контактной сетью уменьшает маневренность троллейбусов.

Правда, затраты в контактную и кабельную сеть сравнительно невелики: на 1 км сети — меньше стоимости одного троллейбуса большой вместимости шарнирно-сочлененного типа. Поэтому изменение маршрутной системы троллейбуса не требует больших капиталовложений, но оно требует времени, значительно большего, чем для автобуса. Организация троллейбусного хозяйства требует больших капиталовложений в связи с необходимостью сооружения подстанций и тяговой сети. Конструктивные недостатки токосъема снижают скорость движения троллейбусов на специальных частях контактной сети (пересечениях и стрелках), что приводит к снижению пропускной способности перекрестков и повышению отрицательного влияния троллейбуса на остальное городское движение.

Рельсовым называют подвижной состав, требующий для направления движения специальных путевых направляющих устройств, например двухрельсовую колею с расположением рельсов в горизонтальной плоскости — обычный железнодорожный или трамвайный путь, а также рельсовый путь метрополитенов. Используемый в этих случаях подвижной состав оборудуется ходовыми частями, основным элементом которых является колесная пара с жесткой стальной осью (иногда на рельсовом подвижном составе применяют разрезные (дифференциальные) оси), и стальными колесами (в современных конструкциях подвижного состава рельсового транспорта широко используют подрезиненные колеса со стальными бандажами, которые имеют значительно лучшие условия взаимодействия с путевыми устройствами по сравнению с цельнометаллическими жесткими колесами). Другим типом применяемых в настоящее время путевых направляющих устройств является путевая балка, используемая для направления подвижного состава монорельсового транспорта.

Для безрельсового подвижного состава с бесколесной ходовой частью на воздушной подушке или магнитной подвеске могут использоваться путевые устройства в виде лотка, монорельсовой балки, Т-образной балки и другие конструкции, проложенные на уровне земли, на эстакаде (в надземном уровне) или в тоннеле (в подземном уровне).

Трамвай — уличный рельсовый вид транспорта с общим или обособленным путевым полотном в основном наземного исполнения. Отличается большими затратами в путевые сооружения. Вследствие связи с рельсовой колеёй подвижной состав трамвая характеризуется нулевой маневренностью; лишенный возможности движения из-за повреждения ходовых частей или по другим причинам он закрывает движение на линии для других трамваев, образуя их скопления — пробки. Поэтому к подвижному составу трамвая предъявляют более высокие требования надежности по сравнению с троллейбусами и автобусами.

Основными типами перспективных трамвайных поездов в настоящее время считают четырехосные вагоны большой вместимости для одиночной работы и в

поездах по системе многих единиц, а также сочлененные — шестиосные с двумя кузовными секциями на трех двухосных поворотных тележках и восьмиосные с тремя кузовными секциями на четырех двухосных поворотных тележках.

Оптимальные геометрические характеристики трамвайных вагонов (форма кузова в плане, габаритная длина, ширина и высота, база вагона и отношение базы к длине) зависят от вписывания в кривые минимального радиуса с минимальным коридором на стесненных уличных проездах, устойчивости при движении, удобства планировки пассажирского салона, комфортабельности и др.

Минимальные радиусы кривых на эксплуатационных путях трамвая достигают 20 м, ширина трамвайных вагонов не превышает 2,6 м, их длина с жестким кузовом — 15–15,5 м. Вместимость трамвайных поездов ниже по сравнению с поездами метрополитенов. Провозная способность одиночных вагонов трамвая составляет 7–9 тыс. пас./ч, двухвагонных поездов и шарнирно-сочлененных вагонов — 10–15 тыс. пас./ч; 100-местные одиночные трамвайные вагоны при минимальном интервале между поездами около 40 с (пропускной способности 90 поездов/ч) способны обеспечить провозную способность 9000 пас./ч (в одном направлении движения). По экономическим соображениям трамвайные линии прокладывают на направлениях с пассажиропотоком не менее 3,5–4,5 тыс. пас./ч в одном направлении движения.

Обычный трамвай характеризуется низкими скоростями (сообщения и эксплуатационной), создает помехи движению автотранспорта на перекрестках и задержки у остановочных пунктов при нешироких улицах, усиливает шум. Трамвайные пути и контактная сеть портят вид города. По этим причинам его выносят из городских центров на окраины городов, а в ряде городов мира сняли. В настоящее время трамвай развивается на новой основе — как *скоростной трамвай*, отличающийся от обычного почти полным отделением от остального городского движения на обособленном пути.

Скоростной трамвай рассматривают теперь как новый вид ГПТ, хотя по своим конструктивным особенностям он близок к обычному, разница состоит лишь в том, что линии скоростного трамвая прокладывают в перегруженных центрах городов под землей, а в остальных местах на эстакадах или на огражденном обособленном полотне с пересечениями преимущественно в разных уровнях. Это позволяет упорядочить движение трамвая, ликвидировать мешающее влияние на него остального уличного движения и повысить скорость сообщения. С этой же целью на линиях скоростного трамвая предусматривают большие перегоны: в центре до 700–800 м, на окраинах — до 1200–1500 м. Это позволяет поднять эксплуатационную скорость скоростного трамвая до 25–30 км/ч, т.е. примерно вдвое по сравнению с обычным, эксплуатационная скорость которого составляет 16–18 км/ч.

При использовании подвижного состава большой вместимости (шарнирно-сочлененных и четырехосных вагонов, работающих поездами из двух-трех вагонов

по системе многих единиц) провозная способность скоростного трамвая может достигать 25 тыс. пас./ч в одном направлении, т.е. примерно вдвое превышать провозную способность линий обычного трамвая. Преимущество скоростного трамвая — возможность существенного снижения транспортного времени пассажиров, значительного расширения зоны транспортной обслуженности населения при заданной СНиП норме затрат транспортного времени и повышения скорости пассажирообмена в поездах, что способствует улучшению экономических показателей работы транспортных предприятий.

Скоростной трамвай перспективен как скоростной вид транспорта в больших городах с населением более 250 тыс. человек на направлениях с пассажиропотоком до 25 тыс. пас./ч (в одном направлении) для связи городских центров с местами массового тяготения населения. В этих условиях он имеет преимущества перед метрополитеном вследствие меньшей стоимости сооружений при высокой провозной способности. При достаточно развитой маршрутной системе трамвай обеспечивает более удобные условия проезда пассажирам вследствие уменьшения пересадочности и более высокой скорости сообщения в передвижениях, особенно на короткие расстояния.

Основные направления развития трамваев — внедрение современных конструкций подвижного состава с тиристорно-импульсными системами управления, обеспечение высокой эксплуатационной экономичности, динамических и эстетико-технических показателей, пониженных уровней шумов, реконструкция путевого хозяйства и внедрение более совершенных конструкций путевых устройств, разработка и внедрение АСУ контроля и регулирования движения.

Метрополитен — рельсовый вид ГПТ с обособленным путевым устройством тоннельного, наземного или эстакадного исполнения. В настоящее время линии метрополитенов прокладывают преимущественно в подземном уровне, так как в наземном исполнении они нарушают другие транспортные связи города и загромождают городскую территорию.

Подземная трассировка линий определяет высокий уровень капитальных затрат на метрополитене, основная доля которых приходится на тоннели. Стоимость прокладки линий метрополитена примерно в 100 раз превышает стоимость прокладки двухколейного трамвайного пути современной конструкции. При прокладке линий метрополитена в тюбах глубокого заложения площадь выработки растет пропорционально квадрату диаметра тюба. Хотя стоимость тоннеля растет медленнее, чем диаметр его поперечного сечения, тем не менее по строительным затратам очевидна экономическая выгодность тоннелей малого сечения. Но малые габариты тоннелей заставляют применять малогабаритный подвижной состав с ограниченной провозной способностью, поэтому габариты тоннелей метрополитенов в разных странах приняты с учетом ожидаемых пассажиропотоков разными, включая и габариты рамных тоннелей мелко заложения.

В соответствии с принятыми габаритами тоннелей различают три класса метрополитенов:

- метрополитены с железнодорожным габаритом подвижного состава (в Нью-Йорке, Лондоне на сети мелкого заложения). Основное преимущество этих метрополитенов — возможность прямой беспересадочной связи линий городских и пригородных железных дорог;
- метрополитены с нормальным габаритом подвижного состава (меньшим железнодорожного): шириной 2,4–2,7 м, высотой 3,4–3,7 м и длиной 16–19 м. К таким метрополитенам относятся Московский, Парижский и др. Подвижной состав метрополитенов стран СНГ имеет габаритную длину 18,77 м, ширину 2,7 м, высоту 3,795 м и колесную базу 12,6 м;
- метрополитены с трамвайными габаритами подвижного состава (мини-метрополитены). Такие метрополитены часто называют подземным или скоростным трамваем, в особенности если их трасса проходит и в подземном, и в наземном уровнях. В настоящее время они получают широкое распространение.

В связи с прямой экономической выгодой возможно более полного использования габарита тоннелей требования к точности габаритов на метрополитенах значительно выше, чем на трамвае и других видах наземного ГПТ. Линии метрополитенов оказывают глубокое градообразующее влияние на окружающую застройку и в то же время при подземной трассировке не загромождают улиц и не мешают застройке.

Эксплуатационные расходы на метрополитенах значительны, что определяется главным образом необходимостью постоянного наблюдения за протечками грунтовых вод. Количество точек протечки грунтовых вод на новых линиях метрополитенов может достигать до 1000–1500 на 1 км пути. Большие эксплуатационные расходы связаны также с обслуживанием станций, эскалаторов и переходов между станциями.

В связи с высокой стоимостью станций, а также по соображениям повышения скоростей сообщения подвижного состава перегоны на линиях метрополитенов принимают 1–2,5 км — примерно в 2–3 раза большими, чем на линиях наземного ГПТ. При таких перегонах реализуются скорости сообщения подвижного состава до 35–40 км/ч.

Требования безопасности движения на метрополитенах выше, чем для наземного ГПТ вследствие особой опасности наездов в тоннелях и весьма ограниченной видимости пути. Максимальную безопасность движения обеспечивает трассировка линий метрополитена с пересечениями в разных уровнях, принятая в Москве, Париже и других городах, но она исключает маневренность маршрутной системы и затрудняет пересадку пассажиров, которая связана с большими затратами времени на переходы между станциями и внутри них. С учетом этого реальная скорость сообщения пассажиров метрополитена примерно вдвое ниже по срав-

нению со скоростью сообщения подвижного состава, а при поездках на короткие расстояния не превышает иногда 10–15 км/ч, т.е. даже ниже, чем при использовании наземного ГПТ. Поэтому метрополитен используется пассажирами в основном как скоростной вид транспорта при поездках на большие расстояния. В метрополитенах, например, Нью-Йорка, Лондона и некоторых других городов линии трассированы частично с пересечениями в разных уровнях и частично в одном, что позволяет создавать маршрутные системы, подобные трамвайным. Однако это снижает условия безопасности движения поездов и приводит к увеличению времени ожидания их на станциях.

По экономическим соображениям метрополитены используют в качестве основных скоростных транспортных систем в столичных и крупнейших городах I и II групп с населением не менее 500 тыс. человек, а линии их прокладывают по наиболее пассажиронапряженным направлениям с устойчивым пассажиропотоком не менее 25–30 тыс. пас./ч в одном направлении движения. Экономическая плотность транспортной сети вследствие больших капитальных затрат в тоннели сравнительно невелика и не превышает 0,5 км/км² селитебной территории города.

Подвижной состав метрополитенов по конструкции и основным узлам оборудования, за исключением более жестких габаритных ограничений и требований надежности, близок к подвижному составу трамвая. Вагоны проектируют, как правило, четырехосными на двух двухосных поворотных тележках или шарнирно-сочлененными. Внутреннюю планировку, а также количество и расположение дверей выбирают с учетом сравнительно короткого времени пребывания пассажиров в подвижном составе и требований ускорения пассажирообмена в целях сокращения времени стоянок на станциях. В связи с большим пассажирообменом на станциях, в 2–4 раза превышающим пассажирообмен подвижного состава трамвая, вагоны метрополитена выполняют с большим количеством дверей, продольным расположением сидений, широкими проходами и большими накопительными площадками у дверей. Специализация дверей на вход и выход пассажиров, требующая переходов пассажиров внутри вагонов, обычно отсутствует. Общая ширина дверей составляет около 0,4 длины вагонов против приблизительно 0,2 у вагонов трамвая. Для ускорения и облегчения пассажирообмена уровень пола вагонов метрополитена располагают на уровне посадочных платформ.

Оборот подвижного состава метрополитенов с целью экономии площадей производят обычно на тупиковых путях без оборотных колец, поэтому вагоны имеют двустороннее управление и двустороннее симметричное расположение дверей.

Энерговооруженность вагонов (мощность тяговых двигателей в расчете на единицу массы вагона без пассажиров) составляет 8–15 кВт/т, т.е. соизмерима с энерговооруженностью трамвайных вагонов. Тот же порядок цифр имеют и динамические показатели подвижного состава (за исключением более высокой скорости): среднее пусковое ускорение и замедление при служебном торможении 0,9–1,5 м/с², замедление при

экстренном торможении $1,0\text{--}2,5 \text{ м/с}^2$, максимальная скорость движения $70\text{--}90 \text{ км/ч}$. Некоторые типы вагонов метрополитена, как и современные трамвайные, оборудованы рельсовыми тормозами, но большинство имеют электрический и механический тормоз с пневматическим или электропневматическим приводом.

Современный подвижной состав метрополитенов имеет, как правило, групповую автоматическую систему управления ТЭД, обеспечивающую управление всеми вагонами поезда по «системе многих единиц» из кабины машиниста головного вагона от одного контроллера управления. Для управления пуско-тормозными режимами обычно используют системы реостатного регулирования. В последнее время на подвижном составе метрополитенов и наземного ГПТ (трамвая и троллейбуса) внедряют бесконтактные тиристорно-импульсные системы управления, обеспечивающие снижение до 30% расхода электрической энергии на движение, повышенную плавность пуска и торможения и эксплуатационную надежность. Снижению расхода электрической энергии на движение и облегчению динамического режима работы поездов метрополитена способствует также специальная трассировка пути в профиле на перегонах между станциями. Особенность метрополитенов по сравнению с наземным ГМПТ — использование железнодорожных систем автоблокировки, так как система организации движения по принципу прямой видимости транспортной обстановки, принятая на наземном ГПТ, для метрополитенов неприемлема. Автоблокировка обеспечивает необходимую безопасность движения при достаточно высокой частоте движения поездов.

Вследствие сравнительной легкости автоматизации управления движением подвижного состава, обусловленной отсутствием помех движению, на метрополитенах в настоящее время широко применяют системы автомашиниста — управление и оптимизацию режимов движения поездов с использованием электронных вычислительных машин (ЭВМ).

Одним из главных преимуществ метрополитенов перед другими традиционными видами ГПТ, кроме сравнительно высокой скорости сообщения подвижного состава, является высокая провозная способность, определяемая большой вместимостью поездов и сравнительно высокой частотой движения. При интервале $1,5 \text{ мин}$ (40 поездов/ч в одном направлении движения), вместимости вагона 170 пассажиров и 8-вагонном поезде теоретическая провозная способность линии метрополитена $40 \cdot 170 \cdot 8 = 54400 \text{ пас./ч}$. Минимальный интервал движения на линиях метрополитенов в часы пик составляет около 90 с , а частота — $28\text{--}40 \text{ поездов в час}$. В настоящее время ведутся большие работы по повышению пропускной и провозной способности наиболее загруженных линий за счет разработки и внедрения систем автомашиниста, автоматической локомотивной сигнализации (АЛС) и автоблокировки, оснащения метрополитенов новым подвижным составом с улучшенными характеристиками, разработки и внедрения автоматизированных систем управления (АСУ) метрополитена.

Примерный перечень учитываемых преимуществ и недостатков различных видов городского пассажирского транспорта приведен в таблице 8.1.

Для хранения, технического обслуживания и ремонта подвижного состава в эксплуатации создают *специальные хозяйства*: гаражи и станции технического обслуживания для автотранспорта, трамвайные и троллейбусные депо, депо подвижного состава метрополитенов, ремонтные мастерские и заводы. В гаражах и депо производят хранение, техническое обслуживание и небольшой по трудоемкости ремонт подвижного состава, на станциях техобслуживания — диагностику и техническое обслуживание, в ремонтных мастерских и на ремонтных заводах сосредотачивают крупные плановые и случайные ремонты.

Мощность всех этих хозяйств определяется количеством используемого в транспортной системе подвижного состава, его пробегом и условиями эксплуатации. Затраты на техническое содержание и ремонт подвижного состава, связанные с поддержанием требуемого уровня его безотказности и работоспособности, являются важной статьёй эксплуатационных расходов, определяющей себестоимость пассажироперевозок и, следовательно, рентабельность транспортной системы.

Чтобы работал транспорт, нужна энергия. Для этого необходимо оборудовать подвижной состав системой энергообеспечения. Современный автотранспорт имеет тяговые установки с карбюраторными или дизельными двигателями внутреннего сгорания и потребляет различные виды топлива: легковой автотранспорт — в основном бензин, грузовой и автобусы — бензин, газ или дизельное топливо. Для обеспечения городского автотранспорта топливом и смазкой на транспортной сети создают сеть заправочных станций. Городской электрический транспорт (ГЭТ) приводится в движение тяговыми электрическими двигателями (ТЭД) и потребляет электрическую энергию.

Таблица 8.1. Характеристика основных видов городского пассажирского транспорта

Транспортные средства	Преимущества	Недостатки
Автобусы	Хорошая маневренность Небольшие сроки введения в эксплуатацию Оперативность в изменении маршрутов Возможность быстро организовать перевозки для разово возникших потребностей в больших объемах перевозок Небольшие первоначальные затраты на освоение новых маршрутов	Большие эксплуатационные расходы Повышенный уровень загрязнения окружающей среды Большая степень напряженности труда водителя Меньшая надежность работы подвижного состава Необходимость ежедневной заправки топливом

Транспортные средства	Преимущества	Недостатки
Метрополитен	Самая большая провозная способность Высокая скорость сообщения Высокая точность и регулярность движения Высокая степень безопасности движения Хорошие условия поездки для пассажиров Гарантирована невозможность неоплаченной поездки Быстрая посадка и высадка пассажиров	Высокая первоначальная стоимость сооружения Большое расстояние между станциями
Троллейбусы	Небольшие первоначальные затраты (но большие, чем у автобуса) Отсутствие вредного воздействия на окружающую среду	Необходимость сооружения устройств для электроснабжения Излишнее загромождение пространства улиц Ограниченная маневренность в движении
Трамваи	Относительно большая провозная способность Низкая себестоимость перевозок Большой срок службы подвижного состава Простота управления трамваем (трамвайным поездом)	Низкая маневренность Шумовое загрязнение окружающей среды Значительные первоначальные затраты Невозможность обойти впереди стоящие (отказавшие в работе) трамваи Загромождение улицы рельсовыми путями и электросетью
Автомобили	Высокая скорость сообщения Доставка пассажира непосредственно к местам назначения Комфортные условия поездки пассажиров Большая маневренность	Относительно высокая стоимость поездки В часы пик затруднены вызов или посадка в пунктах стоянки автомобилей-такси Малая вместимость Большая трудоемкость перевозок

Современные трудности сочетания развития ГМПТ с автомобилизацией на Западе, например, определяются рядом обстоятельств.

Современные виды ГЭТ — трамвай, троллейбус и метрополитены — имеют централизованную систему электроснабжения, при которой подвижной состав получает электрическую энергию от районных распределительных пунктов городской энергосистемы через тяговые подстанции и тяговую сеть. Различные виды энергоснабжения системно связаны с подвижным составом ГПТ не только по мощности и режимам работы, но и по ряду других характеристик. С работой системы электроснабжения рельсового ГЭТ связаны, например, токи утечки в землю, разрушающие городское подземное хозяйство (трубопроводы водопровода и канализации, газопроводы, оболочки кабелей различных сетей и др.). Величина токов утечки при прочих равных условиях зависит от распределения подвижного состава по транспортной сети. Использование установленной мощности тяговых преобразовательных подстанций ГЭТ определяется мощностью и схемами соединения ТЭД поездов, режимами их работы и частотой движения.

Организацией движения называют систему планирования движения и контроля за движением поездов на транспортной сети (соблюдением расписания), а также соответствием выпуска подвижного состава на линию фактическому пассажиропотоку. В задачу организации движения входит устранение нарушений расписания движения (отклонений движения от заданного графика) и в некоторых случаях приведение выпуска в соответствие с отклонениями фактических пассажиропотоков от плановых. Она определяет регулярность следования, скорость сообщения подвижного состава на маршрутах, качество пассажироперевозок и все основные технико-экономические показатели ГПТ. Необходимый состав технических средств организации движения и соответственно вкладываемые в них затраты определяются в конечном счете мощностью осваиваемых пассажиропотоков. В городах с большим объемом пассажироперевозок и разветвленной маршрутной сетью в настоящее время создают автоматизированные и автоматические системы организации движения.

Основным показателем, определяющим системную связь устройств ГПТ, является пассажиропоток (объем осваиваемых пассажироперевозок). Величина пассажиропотоков, их распределение по направлениям, колебания во времени и другие параметры определяют основные характеристики маршрутной сети, выбор вместимости подвижного состава, частоту движения, мощность системы энергоснабжения и систему организации движения. Важное технико-экономическое значение имеет соотношение капитальных затрат в элементы систем ГПТ — подвижной состав, путевые устройства, системы энергоснабжения, устройства организации движения. Системы ГПТ, отличающиеся большой долей затрат на путевые сооружения и связанные с ними устройства, характеризуются низкой маневренностью, поэтому их рассчитывают на весьма длительный срок эксплуатации. Проектирование их требует особенно точного и надежного прогнозирования. Примером таких городских транспортных систем является метрополитен. Системы ГПТ, у которых основные капиталовложения приходятся на подвижной состав, отличаются высокой маневренностью и легкой приспособляемостью к изменениям пассажиропотоков. Примером таких транспортных систем является автобус и в несколько меньшей степени троллейбус, которые используют, в частности, для транспортного обслуживания районов новостроек, так как они не требуют длительного освоения.

Основные показатели, характеризующие городскую транспортную сеть (ГТС). Для сравнения и оценки ГТС используют ряд показателей, которые характеризуют соответствие транспортной сети обслуживаемому городу и осваиваемым пассажиропотокам. Различают две группы этих показателей: технические и экономические.

Технические показатели. Характеризуют совершенство технических решений сети по различным критериям оптимизации (доступности для населения, обеспечения прямолинейности поездов, маневренности, изолированности от городской

застройки и остального городского движения, трудности сообщения и др.). Все эти показатели выражают в относительных (безразмерных) или размерных единицах. Основной недостаток технических показателей — их несравнимость, трудность, а часто и невозможность приведения к единому измерителю. Вместе с тем они дают возможность непосредственно в явном виде исследовать и направленно выбирать характеристики ГТС.

К основным техническим характеристикам относят показатели, характеризующие удобство пользования сетью и уровень транспортного обслуживания ею населения города: пешеходную доступность транспортных линий и остановочных пунктов; населенность зоны пешеходной доступности транспортных линий; плотность транспортной сети; коэффициент охвата; коэффициент рядности движения; среднесетевую максимальную разрешенную скорость движения на уличных проездах; среднесетевой коэффициент непрямолинейности передвижений между важнейшими пассажирообразующими центрами города; удельный вес передвижений населения с затратами времени, не превышающими норм СНиП; среднюю трудность сообщения по затратам времени на передвижения и др.

Экономические показатели. Характеризуют совершенство ГТС косвенно по критерию минимума капитальных затрат и эксплуатационных расходов в рублях. Недостаток экономических показателей состоит в том, что они связаны с техническими решениями в неявном виде, достоинство — в том, что их выражают в одних и тех же приведенных единицах, благодаря чему они легко сравнимы.

К основным экономическим показателям относятся общие и удельные капитальные затраты и эксплуатационные расходы по транспортной сети в расчете на 1 км длины, на 1 предоставляемый пассажирам место-км, на единицу транспортной работы и др.

Проблемы, стоящие перед городским пассажирским транспортом, и пути их решения

Современный кризис ГМПТ в развитых странах вызван неконтролируемой автомобилизацией. Предел развитию автомобилизации ставит низкая провозная способность легкового автомобиля и ограниченная пропускная способность городских транспортных магистралей. Объективно существует предел провозной способности, определяемый насыщением транспортных магистралей автомобилями, превышение которого вызывает резкое падение скорости всего транспортного потока, образование заторов и пробок.

Любое транспортное средство занимает на транспортной магистрали определенную площадь — тем большую, чем выше его скорость. В расчете на одного пассажира автобуса обычной вместимости порядка 86 человек при 100% ном наполнении она составляет при скорости движения 50 км/ч примерно 3,5 м², при 40% ном — 9 м². На одного пассажира легкового автомобиля вместимостью 4 человека при 100% ном и 40% ном наполнении в тех же условиях удельная площадь

транспортной магистрали составляет соответственно 60 и 170 м², т.е. почти в 20 раз больше. Еще более разительна разница в удельных площадях уличных проездов, требующихся на одного пассажира легкового автомобиля и мощных средств МПТ, в частности скоростного трамвая. При скорости 50 км/ч на одного пассажира скоростного трамвая вместимостью 270 человек при 100%-ном наполнении приходится всего 1,6 м² площади транспортного проезда и при 40%-ном — около 4 м², т.е. более чем в 40 раз меньше, чем на одного пассажира легкового автомобиля. Это означает, что замена легкового автомобиля на скоростной трамвай позволяет в сравнимых условиях увеличить провозную способность в 40 раз.

При насыщении транспортных магистралей автомобилями имеется один реальный путь освоения растущих пассажиропотоков (не считая регулировочных мероприятий) — строительство новых дорогостоящих многоярусных автомагистралей. Таким образом, задачу освоения растущих пассажиропотоков можно решить автомобилизацией лишь до определенного предела. Малые и средние города с небольшими пассажиропотоками могут:

- современный автомобиль предоставляет пассажиру несравненно более высокий уровень комфорта, чем средства ГМПТ;
- автомобильный бум и постоянная реклама автомобиля создали среди населения устойчивый «психологический барьер недоверия» к МПТ;
- современная система организации движения ГМПТ на маршрутах с частыми остановками не обеспечивает использования его скоростных возможностей, связана с высокой транспортной утомляемостью и другими неудобствами для пассажиров (большими затратами времени на пешеходный подход к остановкам МПТ, на ожидание транспорта и пересадки).

Поэтому задача сочетания развития ГМПТ с автомобилизацией в крупных городах заключается в создании новых средств МПТ, конкурентоспособных с автотранспортом, т.е. обладающих основными преимуществами автотранспорта и перекрывающих их. Создание таких средств ГМПТ, их преимущества перед легковыми автомобилями по комфортабельности и затратам транспортного времени позволят решить и проблему «недоверия» пассажиров к ГМПТ.

Сущность современного этапа развития ГМПТ поэтому и состоит в возрождении его на более высоком уровне современной техники. Основными путями развития ГМПТ в настоящее время являются:

- разработка новых методов организации движения ГМПТ на базе развития теории городских пассажирских перевозок и внедрение автоматизированных систем управления движением (АСУД). Известно, что при прочих равных условиях именно организация движения является главным рычагом повышения эффективности ГМПТ — это подтверждает как отечественная, так и зарубежная практика. Именно неудовлетворительной системой организации движения определяются низкие эксплуатационные качества современного ГМПТ, основным показателем которых

является эксплуатационная скорость. Конструктивная скорость современных видов наземного ГМПТ составляет 65–90 км/ч, причем она легко может быть повышена до любого, практически необходимого уровня. Этого просто не требуется, так как при обычных условиях движения скорость сообщения наземных видов ГМПТ составляет не более 18–20 км/ч, а иногда не превышает 14–17 км/ч;

- совершенствование традиционных видов ГМПТ — трамвая, троллейбуса, автобуса и метрополитена, включая развитие конструкций подвижного состава на основе новых, более высоких требований, совершенствование путевых устройств, систем электроснабжения, а также разработка новых, более результативных принципов организации движения. Примерами такого совершенствования традиционных видов ГМПТ являются разработки систем скоростных трамвая и автобуса, подвижного состава метрополитена на пневматических колесах, автобусные системы с нефиксированными маршрутами и др.;
- разработка новых видов ГМПТ, рассчитанных на новые, наиболее эффективные методы организации движения, обеспечивающие меньшие затраты транспортного времени в пассажиропоездах.

Проблемы городского транспорта нарастают и обостряются. При численности городского населения СНГ 189 млн человек объем перевозок городским транспортом достигает 64 млрд пассажиров, что в 4,5 раза превышает поток пассажиров, пользующихся всеми видами магистрального транспорта. Объем городских перевозок увеличивается быстрее роста населения, при этом увеличивается и дальность поездок.

Таким образом, современный период развития характеризуется неослабевающими темпами автомобилизации. Транспортники и градостроители Запада полагают, что проблемы ГПТ будут решаться в городах по пути использования легковых автомобилей во всех случаях, когда это возможно, т.е. в мелких и средних по населенности городах. В крупных городах легковые автомобили не могут освоить пассажиропотоки даже на ультрасовременных суперавтострадах. В этих условиях возвращение к развитию МПТ считают единственным выходом из создавшегося транспортного тупика.

По мере роста размеров городов все виды городского транспорта стали убыточными. Требуется всестороннее обсуждение вопроса о пересмотре тарифов, но при любом решении необходимо проведение мер по снижению себестоимости перевозок.

Необходимо решение ряда неотложных проблем:

- повышение частоты и соблюдение регулярности движения в соответствии с расписанием;
- увеличение скорости сообщений, т.е. скорости доставки пассажиров;
- повышение уровня комфорта для пассажиров;
- снижение шума и степени загрязнения воздуха.

9. ПРОМЫШЛЕННЫЙ ТРАНСПОРТ

Промышленный транспорт служит для обеспечения технологического производственного процесса предприятий и их взаимосвязи с магистральными путями сообщений. Его подразделяют на внутренний (внутрицеховой и межцеховой) и внешний транспорт. Внешний транспорт предназначен для доставки на предприятия сырья, топлива и других материалов и вывоза готовой продукции. Удельный вес затрат на промышленный транспорт в общих затратах на производство продукции составляет от 10 до 60%.

Промышленный транспорт необщего пользования относится к ведомственному и является, как правило, частью инфраструктуры предприятия, так как обслуживает технологический производственный процесс.

В состав промышленного транспорта входят железнодорожный, автомобильный, водный, непрерывные и специализированные виды транспорта (конвейеры, трубопроводные линии, канатно-подвесные, монорельсовые дороги и др.).

Сфера применения того или иного вида промышленного транспорта определяется прежде всего номенклатурой грузов, мощностью грузопотоков и дальностью перевозок. Так, уголь, железорудный концентрат, песок, щебень, песчано-гравийная смесь и другие массовые навалочные грузы могут перевозиться практически любыми видами промышленного транспорта; сырая руда, агломерат, мелкая сортировочная руда — конвейерным, канатно-подвесным и частично пневмотранспортом.

Железнодорожный и автомобильный транспорт применяются для перевозки всех родов грузов (они осуществляют до 80% всех внутрипроизводственных перевозок); пневмотранспорт используется при перевозке бытовых отходов, песка, гравия и других насыпных грузов, гидравлический — при перевозке насыпных грузов, в том числе глины, угля, мела, фосфогипса и т.п.; монорельсовым подвесным транспортом перевозят длинномерные, тарные грузы (в бочках, ящиках, поддонах).

Объем перевозок грузов промышленным транспортом примерно в 4 раза превышает этот показатель на транспорте общего пользования, но его грузооборот в несколько раз меньше, так как средние расстояния перевозки незначительны (88% перевозок совершается на расстояние 1–5 км). Большая часть перевозок осуществляется с низкими скоростями (5–10 км/ч), скорость конвейера 1–5 м/с.

Расходы на перевозку промышленным транспортом в среднем выше, чем магистральным, однако себестоимость транспортировки массовых навалочных

грузов специальными видами транспорта в 2–3 раза ниже, а производительность труда в 3–5 раз выше по сравнению с автомобильным.

Основной особенностью специальных видов промышленного транспорта является их стационарность (за редким случаем есть переносные устройства), более узкая специализация по виду груза и односторонность потока, поэтому на территории предприятия целесообразно использовать различные виды промышленного транспорта в комплексе.

На железнодорожный транспорт приходится примерно треть, а на автомобильный более половины всего объема перевозок промышленного транспорта. Хотя непрерывные виды транспорта развиваются высокими темпами, их роль в перевозках пока невелика.

Конвейерный транспорт в основном применяется для внутривозовских и внутрицеховых перемещений грузов, на открытых горных разработках, а в некоторых случаях и как внешний транспорт. Он характеризуется большой производительностью, возможностью преодолевать естественные и другие преграды с уклонами трасс до 320‰ и приспособленностью к автоматизации перемещений.



Рисунок 9.1. Общий вид двух-канатной подвесной дороги

Канатно-подвесные дороги (рис. 9.1) бесперебойно работают в самых разнообразных климатических условиях, их трассы могут иметь большие подъемы (до 45°, или 1000‰), приспособлены для полной автоматизации погрузочно-разгрузочных и транспортных операций. Пролеты между опорами канатных дорог иногда превышают 500 м.

Трубопроводный гидравлический и пневматический транспорт используют в ряде отраслей для перемещения жидких, пылящих и кусковых грузов.

Автомобильный транспорт наиболее широко применяется в строительстве, черной и цветной металлургии. С его помощью осуществляются многие внутризаводские и карьерные перевозки, а также перевозки от предприятий до грузовых дворов станций или пристаней и в необходимых случаях до пунктов назначения грузов. Автомобильный транспорт отличается маневренностью, требует меньшей заводской территории для дорог, но вызывает значительные эксплуатационные затраты и имеет технико-экономические ограничения объемов и дальности перевозок.

Промышленный железнодорожный транспорт характеризуется не только большой дробностью хозяйств, но также малой массой поездов, небольшими скоростями движения и малой грузонапряженностью, отсутствием, как правило, пассажирских перевозок, большой крутизной руководящих подъемов, короткими перегонами.

Схемы внешнего промышленного железнодорожного транспорта могут быть самыми разнообразными в зависимости от протяженности путей, условий примыкания к станциям общей сети, количества и взаимного расположения промышленных станций, пунктов погрузки и выгрузки и др. Схемы внутреннего железнодорожного транспорта по характеру движения подразделяют:

- на тупиковые, при которых вагоны подают и убирают возвратными перемещениями;
- кольцевые, при которых вагоны проходят по кольцу;
- смешанные, представляющие собой сочетание двух предыдущих схем;
- двусторонние, предусматривающие примыкание к внешней сети с двух сторон.

Наличие двух примыканий уменьшает пробег вагонов общей сети. Такие схемы целесообразны при больших грузооборотах.

Значительный объем работы магистральных железных дорог связан с горнорудной, угольной, металлургической, лесной и торфодобывающей промышленностью.

В горнорудной и угольной промышленности применяют два способа добычи полезных ископаемых — подземный и карьерный (открытый). В первом случае полезные ископаемые и пустую породу из забоя конвейерами или другими средствами доставляют к узкоколейной электрифицированной дороге, в вагонетках которой транспортируют до скипового (с перегрузкой) или клетьевого подъем-

ника. После подъема на поверхность вагонетки выкатывают из клетки и подают к разгрузочным устройствам.

При карьерном способе добычи вскрышную породу и полезные ископаемые транспортируют различными видами транспорта — железнодорожным, автомобильным, конвейерным, гидравлическим и др. Пустую породу перемещают в отвалы, а полезные ископаемые — на дробильные и обогатительные фабрики для последующей отправки по железным дорогам.

В карьерах железнодорожные пути укладывают по петлевой или спиральной схеме, а при небольших объемах добычи — по тупиковой схеме. Петлевую схему применяют, как правило, в неглубоких карьерах, а спиральную — при значительной их глубине. В зависимости от объема добычи вывозные пути могут быть одно- и двухпутными.

Горнодобывающие предприятия обычно имеют усовые, линейно-тупиковые и линейно-усовые схемы примыкания подъездных путей к станциям магистральных дорог. В крупных угольных районах применяют и более сложные схемы.

Загруженные на шахтах или обогатительных фабриках вагоны выводят на углесборочную станцию, где формируют в составы. Металлургические заводы имеют, как правило, развитую систему железнодорожных коммуникаций, которая характеризуется тесной связью с основным производством и внешним транспортом. В этой системе обрабатываются вагоны собственного парка и большой вагонопоток, поступающий с сети железных дорог и отправляемый на сеть. Для выплавки стали, как известно, необходимы уголь (кокс), руда и другие сырьевые материалы.

Со станции примыкания уголь поступает на вагоноопрокидыватель. После выгрузки он конвейером подается в коксовые батареи. Затем готовят шихту (смесь руды, кокса, известняка и добавок), которую засыпают в доменные печи. Жидкий чугун перевозят к мартеновским или конвертерным печам или в цех разливки для получения чушкового чугуна. Шлак от доменных печей вывозят в водные бассейны на грануляцию или перерабатывают в шлаковату, шлаковую пемзу и др.

Из мартеновского цеха жидкую сталь доставляют в ковшах на разливочную площадку. Здесь ее разливают в изложницы и выдерживают для кристаллизации. Применяют также непрерывную разливку стали, исключаящую ее межцеховые перевозки. Полученные стальные слитки передают в прокатный цех, откуда готовая продукция поступает на склады для отправления получателям. В общем комплексе с металлургическим заводом могут быть расположены заводы-смежники. В лесной и торфяной промышленности широко используются узкоколейные железные дороги.

На лесосеке ведут повал деревьев, их трелевку (подтаскивание) к так называемому верхнему складу, на котором происходит обработка и подготовка древесины к перевозке и погрузка ее в вагоны узкоколейной дороги. Лесовозная железная дорога соединяет верхний склад с нижним, расположенным у магистральной

железной дороги или у водного пути. Лесовозные дороги бывают длительного пользования (магистрالی) и кратковременного действия (ветки, усы). Ветки служат до 5 лет и более и предназначены для сбора древесины с нескольких лесозаготовительных участков и подвоза ее к магистрالی. По усовым путям древесину вывозят с погрузочных пунктов лесозаготовительных участков. Срок их службы — до одного года.

Научно-технический прогресс в промышленном производстве предъявляет новые требования к согласованию технических и технологических параметров промышленного транспорта, основного производства и магистрального транспорта.

Одна из сложных и специфических проблем состоит в совершенствовании системы управления промышленным транспортом. В настоящее время не существует централизованной системы управления этим транспортом, поскольку в административно-хозяйственном отношении каждая отдельная транспортная система представляет собой транспортный цех соответствующего предприятия и принципиально не может быть выведена из-под начала этого предприятия. В силу этой особенности промышленный транспорт трудно унифицировать и в техническом, и организационном отношении. Отсюда эффективность работы даже однотипных видов транспорта на различных предприятиях и в разных отраслях различна.

Поскольку на промышленном транспорте отсутствует централизованная система управления, в целях повышения эффективности использования промышленного железнодорожного транспорта образованы объединенные предприятия, а в крупных промышленных узлах — межотраслевые предприятия промышленного железнодорожного транспорта (ППЖТ), обслуживающие грузовладельцев разных ведомств. При рыночных отношениях ППЖТ стали самостоятельными акционерными предприятиями и фирмами.

Серьезную проблему представляет дальнейшее совершенствование автомобильного промышленного транспорта. Здесь задача состоит как в наращивании парка автомобилей, так и в повышении технического уровня и грузоподъемности машин, прежде всего для открытых разработок. Белорусский завод в Жодино уже давно освоил производство самосвалов грузоподъемностью 27, 40, 45, 65, 75, а затем 110–120 т с двигателями соответственно 950–1200 л.с., которые выполняют большую работу в угольно-металлургической промышленности, на строительстве гидроузлов, каналов, промышленных комплексов. В последние годы начат серийный выпуск БелАЗов грузоподъемностью 180 т. Пока это самые тяжелые и мощные машины в нашем парке автомобилей. Их основные параметры: мощность дизеля — 1691 кВт, конструкционная скорость — 50 км/ч, диаметр колес 3,5 м и ширина шины более 1 м — позволяют иметь умеренное давление на грунт при полной массе — 325 т.

На основе имеющихся базовых моделей Белорусский автомобильный завод намечает создание более крупных самосвальных поездов грузоподъемностью до 400 т. Но и это, по-видимому, не будет пределом, так как мировая практика имеет самосвал, названный «Титаном» (Канада), который характеризуется следующими параметрами: длина 20,5 м, ширина 7,75 м, высота кабины над уровнем земли 4,5 м, собственный вес автомобиля 250 т, грузоподъемность 600 т, двигатель 3300 л.с. Имеется проект самосвала грузоподъемностью до 1000 т.

Совершенствование автомобильного промышленного транспорта предполагает развитие не только парка, но и соответствующих дорог и других элементов. Нуждается в разработке также организация перевозок массовых грузов с учетом максимальной механизации грузовых операций.

Главным направлением развития специального промышленного транспорта следует считать развитие конвейерной системы, которая характеризуется высокой производительностью труда и низкими расходами на транспортировку. При подземном заложении она позволяет значительно сократить производственные площади.

Специальные виды промышленного транспорта могут быть стационарными, передвижными и переносными, на магнитной подвеске, воздушной подушке, с волновым движителем и др.

Широко используются монорельсовые подвесные дороги. Их конструкция проста и надежна, они требуют незначительных эксплуатационных затрат, но больших первоначальных капиталовложений. Такие дороги в цехах монтируются на кронштейнах и тягах, а на открытых участках — на эстакадах под навесом. Транспортный процесс и перегрузочные работы полностью механизированы.

При использовании трубопроводного гидравлического транспорта исключаются перегрузочные работы, и транспортно-технологический процесс делается непрерывным. Этот вид транспорта отличается экологической чистотой, так как отсутствуют пылеобразование и потери грузов. Он позволяет прокладывать трубопровод по кратчайшему расстоянию, полностью автоматизировать работы, а при подземной укладке экономить производственные площади, однако требует большого расхода воды и создает трудности по обезвоживанию груза для потребителя.

Трубопроводный пневмотранспорт с диаметром трубы 200–1200 мм используется для перевозки контейнеров и вагонеток на расстояния от 10 до 30–50 км при стационарных пунктах погрузки-выгрузки. При объемах перевозки 1 млн т в год и расстояниях перевозки 25 км производительность его выше, чем конвейерного и канатноподвесного. Для движения груза в потоке воздуха используются компрессор, воздуходувка и вентилятор или всасывающее устройство — вакуум-насос и вентилятор (при разгрузке).

При использовании канатно-подвесного транспорта груз размещают в вагонетках. Преимущество этого вида транспорта заключается в том, что он не зависит

от рельефа местности, так как строится на опорах; может преодолевать уклоны до 50 %, мало зависит от атмосферных условий и имеет полную автоматизацию всего процесса транспортировки.

Лифты используются для транспортировки грузов, при больших пассажиро-потоках, например в метро вместо эскалаторов (опыт Западной Европы), а также в учреждениях, гостиницах. Промышленный транспорт должен развиваться в двух направлениях:

- во-первых, полностью удовлетворять условиям технологического процесса предприятия и его уровню развития;
- во-вторых, соответствовать по своему техническому состоянию транспорту общего пользования, с которым он взаимодействует.

Тенденции развития видов промышленного транспорта в основном совпадают с тенденциями развития аналогичных видов магистрального транспорта. Так, для железнодорожного промышленного транспорта характерны следующие направления развития: увеличение доли электрифицированных дорог, повышение грузоподъемности транспортных средств, увеличение доли и расширение номенклатуры специализированного парка вагонов, автоматизация производственных процессов и т.д. Автоматизация технологических процессов, как показал зарубежный и отечественный опыт, уменьшает общее время транспортировки на 25%, повышает пропускную способность на 10–30%, а скорость движения на 30–35%.

Для автомобильного промышленного транспорта необходима разработка большегрузных самосвалов и автокаров разнообразных конструкций, более широкое применение электромобилей, а также широкая автоматизация транспортного процесса, особенно в карьерных перевозках.

Важным направлением является развитие транспорта непрерывного действия, увеличение протяженности его линий, внедрение автоматизированных систем управления, а также повышение эффективности механизации перегрузочных работ, что влияет на оборот транспортных средств и показатели работы магистральных видов транспорта.



10. НОВЫЕ ВИДЫ ТРАНСПОРТА

10.1. Критерии прогрессивности видов транспорта

Единственный способ расширить границы познаваемого пространственного мира — воздействовать на четвертое измерение — время путем увеличения скорости перемещения. Во все времена человеческая мысль неустанно работала над повышением этой скорости, используя все достижения науки и техники. Величина достигнутой скорости свидетельствует о научно-техническом уровне, на котором находятся не только транспортные средства, но и человеческое общество в целом. По значению предельной скорости можно судить о времени, когда она была достигнута. Достаточно назвать предельную скорость 30–35 км/ч, и мы понимаем, что речь идет об эпохе колесниц и конных экипажей.

Предельная скорость 150 км/ч относит нас к началу XX века, когда в воздух поднялись первые самолеты. Переход через звуковой барьер, связанный с появлением реактивной авиации, знаменует начало второй половины XX века.

Первая космическая скорость (7,91 км/с у поверхности Земли) дает точную дату — 4 октября 1957 года, когда первый искусственный спутник Земли своими сигналами возвестил миру о начале космической эры.

За первой космической скоростью последовала вторая, равная 11,2 км/с. Эта скорость достаточна для преодоления земного тяготения: достигнув ее, тело по параболической траектории покидает окрестности Земли и уходит на околосолнечную орбиту.

Предельная скорость аппарата, созданного человеком, — третья космическая, равная 16,66 км/с. Достигнув ее, космическая ракета вышла за пределы солнечной системы, преодолел поле тяготения Земли, а затем и Солнца.

В перспективе — четвертая космическая скорость, достигнув которую космическое тело покинет пределы нашей Галактики.

Однако не всегда высокая транспортная скорость делает далекое близким. Иногда до объекта «рукой подать», а добраться к нему невозможно: транспортное средство не обладает нужной проходимостью. Кончается автострада, и быстрходный автомобиль становится беспомощнее телеги. Но в некоторых случаях и телега пройти не может, и тогда незаменимым оказывается вертолет, однако по причине его сравнительной неэкономичности им пользуются в исключительных случаях. Таким образом, критериями любого транспортного средства являются не только его скорость и проходимость, но и экономичность.

Другими критериями прогрессивности, по которым следует оценивать разрабатываемые транспортные средства, являются безопасность, надежность, проходимость, грузоподъемность, комфортность, экологическое воздействие. Воздействие транспорта на окружающую среду в настоящее время играет очень важную роль и всякий раз должно подвергаться строгой проверке. В дальнейшем значение этого фактора будет еще более возрастать.

К настоящему времени разработано и реализовано в виде постоянных или опытно-эксплуатационных установок несколько новых видов транспортных средств и значительно больше существуют в виде проектов, патентов или просто идеи. Большинство так называемых новых видов транспорта предложены много лет назад, но не получили применения и сейчас возрождаются на современной технической основе.

К категории новых видов транспорта условно относят дирижабли, монорельсовые дороги, суда и аппараты на воздушной подушке и магнитной подвеске, инерционный транспорт, оригинальные системы трубопроводного транспорта, движущиеся тротуары, комбинированные транспортные средства и другие, отличающиеся от традиционных принципов движения конструкцией двигателя или всей установки. Рассмотрим более подробно некоторые из них.

10.2. Характеристика новых видов транспорта

Дирижабли

В последние годы множество публикаций посвящается дирижаблям. Специалисты в разных странах занимаются разработкой и проектированием дирижаблей различного назначения. Поэтому интересно оценить перспективность дирижаблей по критериям прогрессивности.

Главное достоинство дирижабля состоит в том, что он способен транспортировать большие и негабаритные грузы в такие точки Земли, куда другим способом попасть невозможно или очень трудно, т.е. он обладает высокой грузоподъемностью и проходимостью. Если добавить, что транспортировку грузов он способен осуществлять с относительно высокой скоростью, то можно определенно сказать, что по соответствующим критериям прогрессивности дирижабль существенно превосходит другие транспортные средства, используемые для выполнения подобных транспортных операций.

Например, в отличие от барж и лихтеров, которые используются для перевозки тяжелых и негабаритных грузов, дирижаблю не нужен водный путь. В отличие от трейлеров и вертолетов он способен перевозить значительно более тяжелые и габаритные грузы, и, кроме того, ему не нужны дороги, как трейлеру, а экономичность его гораздо выше, чем экономичность вертолетов. По критериям комфортности и экологического воздействия на окружающую природу дирижабль также

выдерживает самую строгую проверку. Остаются критерии экономичности, грузооборота, безопасности и надежности эксплуатации.

Экономичность использования дирижаблей тесно связана с его грузооборотом. Стоимость дирижабля, например, превосходит стоимость вертолета, однако если количество перевозимых грузов значительно, то эта стоимость окупится с лихвой. Значит, экономический расчет целесообразности применения дирижабля должен учитывать его конкретное использование. Целесообразность применения дирижаблей не вызывает сомнения, так как круг очень важных для народного хозяйства задач, которые они с успехом могли бы выполнять, весьма широк. Пожалуй, трудно назвать такую область хозяйственной деятельности человека, где они не смогли бы быть использованы. Дирижабли с успехом могут применяться в лесном хозяйстве и лесной промышленности — для борьбы с пожарами и вредителями и вовлечения в хозяйственную деятельность труднодоступных районов леса; в энергетике — для прокладки линий электропередачи, перевозки гидротурбин, электрических генераторов, трансформаторов, доставки в готовом виде малых электростанций: солнечных, ветровых, дизельных; в газовой и нефтедобывающей промышленности — для транспортировки вышек, механизмов, укладки длинных труб, перевозки передвижных поселков вдоль трассы; в машиностроении — для прямых транспортных связей между предприятиями с перевозкой крупногабаритных изделий и укрупненных узлов; в геологии и горнодобывающей промышленности — для проведения различных исследований, перевозки геологических партий. Перечень работ, которые могут с успехом выполняться с помощью дирижаблей, можно продолжать еще долго.

Оценим дирижабли по критериям безопасности и надежности эксплуатации. Именно проблема безопасности заставила отказаться от их применения еще много десятилетий назад.

Дирижабль представляет собой летательный аппарат легче воздуха. В соответствии с законом Архимеда он удерживается в воздухе в том случае, если его вес будет меньше веса вытесненного им воздуха, поэтому его наполняют газом, который легче воздуха: водородом или гелием. При нормальных условиях 1 м^3 воздуха весит $12,67 \text{ Н}$, а 1 м^3 водорода — $1,08 \text{ Н}$. Без учета веса оболочки подъемная сила 1 м^3 $11,59 \text{ Н}$. В этих же условиях 1 м^3 водорода составит $12,67 - 1,08 = 11,59 \text{ Н}$ гелия создаст подъемную силу $9,8 \text{ Н}$. Так как подъемная сила дирижабля определяется его объемом, он становится эффективным только при достаточно больших размерах. Существует минимальный объем дирижабля, ниже которого он будет не в состоянии подняться в воздух.

Безопасность дирижабля определяют главным образом два фактора: его размеры и вид наполнителя. Результатом больших размеров дирижабля являются следующие его недостатки, ухудшающие соответствующий критерий прогрессивности: существенная зависимость от погодных условий; чувствительность

к турбулентности атмосферы; возможность обледенения; трудности, связанные с удержанием дирижабля на привязи.

Опасность возникновения пожара зависит от наполнителя: водород пожароопасен, гелий — нет, однако гелий относительно дорог. В то же время благодаря особенностям своей конструкции дирижабль имеет ряд достоинств, обуславливающих безопасность его эксплуатации и надежность в работе: он не зависит от неисправностей и отказов двигателей, систем управления, кратковременных ошибок в пилотировании; обладает практически неограниченной продолжительностью и большой дальностью полета; ему не нужны аэродромы.

Правда, есть еще один фактор, который, по-видимому, оказывает влияние на судьбу дирижабля. Большие размеры делают его уязвимым при диверсиях или в случае военных действий. Уникальные возможности дирижабля, незаменимые в отдаленных или труднодоступных районах, делают возможную утрату его еще более чувствительной. Этот фактор скорее психологического характера, тем не менее он оказывает свое действие и его следует учитывать. Более того, психологический фактор, в первую очередь связанный с катастрофами дирижаблей, имевшими место в прошлом, оказывается мощным препятствием на пути их возрождения. И все же их бесспорные достоинства в сочетании с современным уровнем производства и научно-техническими достижениями позволяют уже сегодня создать вполне работоспособные, надежные и экономически оправданные конструкции. Например, уже теперь возможно получение относительно дешевого гелия — безопасного наполнителя дирижаблей (при производстве марганца он пока как сопутствующий продукт выбрасывается в атмосферу).

Мы являемся свидетелями появления первых новых дирижаблей. Через 44 года после катастрофы с немецким дирижаблем «Гинденбург» и спустя 51 год после гибели другого воздушного колосса — английского дирижабля «P-101» в Великобритании в сентябре 1981 г. поднялся в небо новый пассажирский дирижабль «Скайшип-500», сконструированный английским судостроителем Роджером Манком (рис. 10.1). Этот дирижабль не копирует ни один из прежних. Манк отказался от жесткой конструкции, что существенно снизило массу дирижабля. Его оболочка наполнена инертным гелием, который более тяжел, чем водород, но совершенно безопасен.

Это главное отличие современного дирижабля от дирижаблей прошлого, наполненных водородом, объясняемое тем, что современная технология позволяет получать гелий в необходимых количествах и достаточно дешево. Длина дирижабля «Скайшип» всего 50 м, поэтому с предполетной подготовкой легко справляются несколько человек. Он оборудован двумя двигателями от спортивного автомобиля «Порше-930», которые приводят во вращение винты, размещенные в кольцевых насадках. Дирижабль способен перевозить полезный груз в две тонны со скоростью до 115 км/ч и может находиться в воздухе до 30 ч.

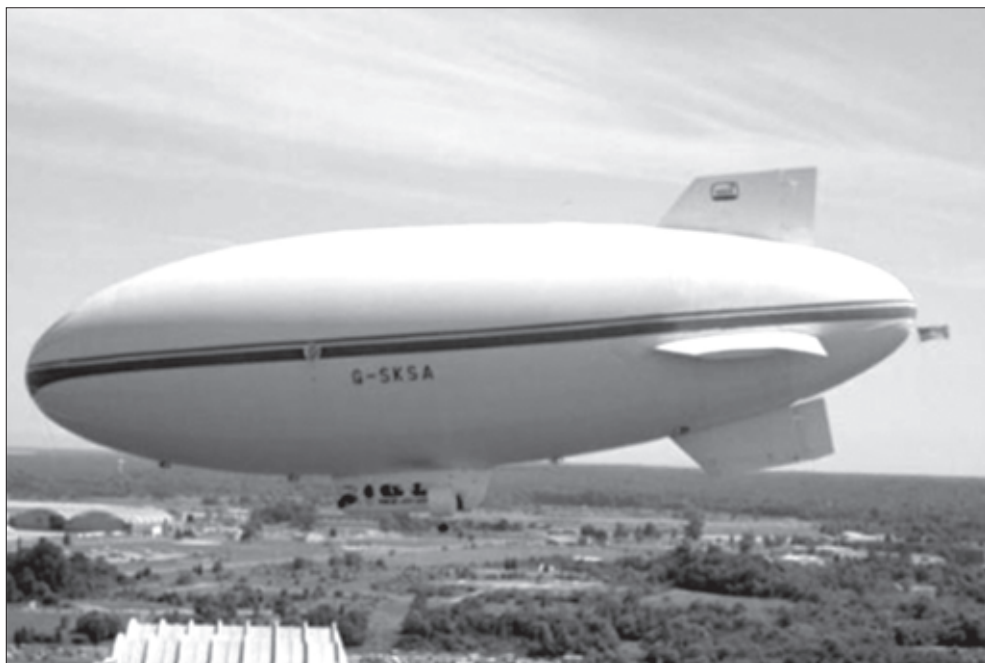


Рисунок 10.1. Пассажирский дирижабль «Скайшип-500»

При создании дирижабля были использованы самые современные материалы: оболочка сшита из дакрона, гондола — из пластика, армированного сверхпрочным волокном, в силовых элементах применялись композитные материалы с сотовыми наполнителями. В октябре 1981 г. «Скайшип-500» успешно совершил первый официальный испытательный полет. А теперь разрабатываются варианты будущих дирижаблей с числом пассажиров до 200. Авторы проекта считают, что дирижабли окажутся рентабельнее самолетов на пассажирских линиях протяженностью до 500 км. По расчетам, дирижабль на 200 пассажиров будет примерно в 3,5 раза дешевле авиалайнеров такой же вместимости. Кроме того, эксплуатационные расходы дирижабля будут значительно ниже.

В Советском Союзе было построено 16 дирижаблей, которые совершали полеты с 1920 по 1947 г. После 35-летнего перерыва 9 мая 1982 г. на Урале поднялся в воздух дирижабль длиной 20 м и высотой 15,5 м. К нему были подвешены гондола и несколько труб. Его подстраховывали тросом. Первый экспериментальный полет прошел успешно.

Вызывающей много нареканий зависимости дирижаблей от погодных условий и в первую очередь от ветровых нагрузок в отдельных случаях легко избежать: одна или две расположенные под углом вертикальные стенки оказываются дешевым и вполне надежным «ангаром». Однако он может защитить дирижабль

при экстремальных ситуациях, но не решит вопроса при регулярной эксплуатации дирижаблей, осуществляющих челночные перевозки пассажиров и грузов по определенному маршруту при изменяющихся погодных условиях.

Как правило, упоминание о современных дирижаблях начинаются с воспоминаний о том, как почти 70 лет назад на американской авиабазе Лейкхерст погиб в огне гигантский немецкий цеппелин «Гинденбург», а три года спустя Герман Геринг приказал разобрать оставшиеся дирижабли на металлолом и подорвать ангары. Эпоха дирижаблей тогда закончилась, но вот теперь интерес к управляемым аэростатам снова активно возрождается. Однако подавляющее большинство наших сограждан если где и видят «возродившиеся» дирижабли, то только на разного рода аэрошоу — там они обычно применяются в качестве оригинальных рекламных носителей. Неужели это все, на что способны эти удивительные воздушные корабли? Чтобы выяснить, кому и зачем нужны сегодня дирижабли, пришлось обратиться к специалистам, строящим дирижабли в России.

Плюсы и минусы

Дирижабль — это управляемый самодвижущийся аэростат. В отличие от обычного воздушного «шара, который летит» исключительно по направлению ветра и может маневрировать только по высоте в попытке поймать ветер нужного направления, дирижабль способен двигаться относительно окружающих воздушных масс в направлении, выбранном пилотом. Для этой цели летательный аппарат оснащен одним или несколькими двигателями, стабилизаторами и рулями, а также имеет аэродинамическую («сигарообразную») форму. В свое время дирижабли «убила» не столько череда ужаснувших мир катастроф, сколько авиация, развивавшаяся в первой половине XX века сверхбыстрыми темпами. Дирижабль тихоходен — даже самолет с поршневыми двигателями летает быстрее. Что уж говорить о турбовинтовых и реактивных машинах. Разгонять дирижабль до самолетных скоростей мешает большая парусность корпуса — сопротивление воздуха слишком велико. Правда, время от времени говорят о проектах сверхвысотных дирижаблей, которые поднимутся туда, где воздух сильно разрежен, а значит, и сопротивление его значительно меньше. Это якобы позволит развивать скорость в несколько сотен километров в час. Однако пока подобные проекты проработаны только на уровне концепции. Проигрывая авиации в скорости, управляемые аэростаты при этом имеют ряд важных преимуществ, благодаря которым, собственно, возрождается дирижаблестроение. Во-первых, сила, которая поднимает аэростат в воздух (известная всем со школьной скамьи сила Архимеда), совершенно бесплатна и не требует затрат энергии, в отличие от подъемной силы крыла, которая напрямую зависит от скорости аппарата, а значит, от мощности двигателя. Дирижаблю же двигатели нужны в основном для перемещения в горизонтальной плоскости и маневрирования. Поэтому летательные аппараты такого типа могут обходиться

моторами значительно меньшей мощности, чем потребовались бы самолету при равной величине полезной нагрузки. Отсюда, а это уже во-вторых, вытекает большая по сравнению с крылатой авиацией экологическая чистота дирижаблей, что в наше время чрезвычайно важно. Третий плюс дирижаблей — их практически неограниченная грузоподъемность. Создание сверхгрузоподъемных самолетов и вертолетов имеет ограничения по прочностным характеристикам конструкционных материалов. Для дирижаблей же таких ограничений нет, и воздушный корабль с полезной нагрузкой, например, 1000 т — вовсе не фантастика. Добавим сюда возможность длительное время находиться в воздухе, отсутствие необходимости в аэродромах с длинными взлетно-посадочными полосами и большую безопасность полетов — и у нас получится внушительный список достоинств, которые вполне уравнивают тихоходность. Впрочем, и тихоходность, как выяснилось, можно скорее отнести к достоинствам воздушных кораблей.

Конкурент вертолета

Россия — одна из мировых центров возрождающегося дирижаблестроения. Лидер отрасли — группа компаний «Росаэросистемы». Сегодня в работе находятся два типа дирижаблей, созданных конструкторами «Росаэросистем». Первый тип — это двухместный дирижабль АУ-12 (длина оболочки 34 м). Аппараты такой модели существуют в трех экземплярах, и два из них время от времени используются московской милицией для патрулирования МКАД. Третий дирижабль продан в Таиланд и применяется там в качестве рекламного носителя.

Гораздо более интересная работа у дирижаблей системы АУ-30. Аппараты этой модели отличаются более крупными габаритами (длина оболочки 54 м) и, соответственно, большей грузоподъемностью. Гондола АУ-30 способна вместить десять человек (двух пилотов и восемь пассажиров). Полет на небольшой высоте и на малой скорости (вот оно — преимущество тихоходности!) над красивыми природными ландшафтами или памятниками архитектуры и в самом деле сможет стать незабываемым приключением. Подобные туры проходят в Германии: дирижабли возрожденной марки Zeppelin NT катают туристов над живописным озером Бодензее, в тех самых краях, где когда-то отправился в полет первый немецкий дирижабль. Однако российские дирижаблестроители уверены, что главное предназначение их аппаратов не реклама и развлечения, а выполнение серьезных задач промышленного характера.

Энергетические компании, имеющие в своем распоряжении линии электропередач, должны регулярно проводить мониторинг и диагностику состояния своих сетей. Удобнее всего это делать с воздуха. В большинстве стран мира для такого мониторинга применяются вертолеты, однако у винтокрылой машины есть серьезные недостатки. Помимо того что вертолет неэкономичен, у него еще и весьма скромный радиус действия — всего 150–200 км. Понятно, что для России

с ее много тысячекilометровыми расстояниями и обширным энергетическим хозяйством это слишком мало. Есть и еще одна проблема: вертолет в полете испытывает сильную вибрацию, в результате чего чувствительное сканирующее оборудование дает сбои. Движущийся медленно и плавно дирижабль, способный преодолевать тысячи километров на одной заправке, напротив, идеально подходит для задач мониторинга. В настоящий момент одна из российских фирм, разработавших основанное на лазерных технологиях сканирующее оборудование, а также программное обеспечение к нему, использует два дирижабля AU-30 для оказания услуг энергетикам. Дирижабль этого типа может применяться и для разнообразных видов мониторинга земной поверхности (в том числе в военных целях), а также для картографирования.

Как они летают? Практически все современные дирижабли, в отличие от цеппелинов довоенной эпохи, относятся к мягкому типу, то есть форма их оболочки поддерживается изнутри давлением подъемного газа (гелия). Объясняется это просто — для аппаратов сравнительно небольших размеров жесткая конструкция неэффективна и уменьшает полезную нагрузку из-за веса каркаса. Несмотря на то что дирижабли и аэростаты относят к классу аппаратов легче воздуха, многие из них, особенно при полной загрузке, имеют так называемый перетяж, то есть превращаются в аппараты тяжелее воздуха. Это относится и к AU-12 и AU-30. Выше мы уже говорили о том, что дирижаблю, в отличие от самолета, двигатели нужны в основном для горизонтального полета и маневрирования. И вот почему «в основном». «Перетяж», то есть разница между силой земного притяжения и архимедовой силой, компенсируется за счет небольшой подъемной силы, которая появляется, когда встречный поток воздуха набегает на имеющую специальную аэродинамическую форму оболочку дирижабля — в данном случае она работает как крыло. Стоит дирижаблю остановиться — и он начнет опускаться к земле, ведь архимедова сила не полностью компенсирует силу притяжения. Дирижабли AU-12 и AU-30 имеют два режима взлета: вертикальный и с небольшим пробегом. В первом случае два винтовых двигателя с переменным вектором тяги переходят в вертикальное положение и таким образом отталкивают аппарат от земли. После набора небольшой высоты они переходят в горизонтальное положение и толкают дирижабль вперед, в результате чего возникает подъемная сила. При посадке двигатели вновь переходят в вертикальное положение и включаются на реверсивный режим. Теперь дирижабль, напротив, притягивается к земле. Такая схема позволяет преодолеть одну из главных проблем эксплуатации дирижаблей в прошлом — сложность со своевременной остановкой и точным причаливанием аппарата. Во времена могучих цеппелинов их приходилось буквально отлавливать за спущенные вниз тросы и закреплять у земли. Причаливающие команды насчитывали в те времена десятки и даже сотни человек.

При взлете с пробегом двигателя изначально работают в горизонтальном положении. Они разгоняют аппарат до возникновения достаточной подъемной силы, после чего дирижабль поднимается в воздух.

Маневрирование по высоте и управление подъемной силой пилот осуществляет, в частности, меняя тангаж (угол наклона горизонтальной оси) дирижабля. Этого можно добиться как с помощью закрепленных на стабилизаторах аэродинамических рулей, так и путем изменения центровки аппарата. Внутри оболочки, накачанной находящимся под небольшим давлением гелием, находятся два баллонета. Баллонеты — это мешки из воздухонепроницаемой материи, в которые нагнетается забортный воздух. Управляя объемом баллонета, пилот изменяет давление подъемного газа. Если баллонет раздувается, гелий сжимается и плотность его растет. При этом архимедова сила падает, что приводит к снижению дирижабля. И наоборот. При необходимости можно перекачивать воздух, например, из носового баллонета в кормовой. Тогда при изменении центровки угол тангажа примет положительное значение, а дирижабль перейдет в кабрирующее положение.

Нетрудно заметить, что современный дирижабль имеет довольно сложную систему управления, предусматривающую работу рулями, варьирование режима и вектора тяги двигателей, а также изменение центровки аппарата и величины давления подъемного газа с помощью баллонетов.

Тяжелее и выше

Еще одно направление, в котором работают отечественные дирижаблестроители, — это создание тяжелых грузопассажирских дирижаблей. Для дирижаблей ограничений по грузоподъемности практически не существует, а потому в перспективе могут быть созданы настоящие «воздушные баржи», которые будут способны перевозить по воздуху почти все что угодно, включая сверхтяжелые негабаритные грузы. Задача упрощается тем, что при изменении линейных габаритов оболочки грузоподъемность дирижабля вырастает в кубической пропорции. К примеру, AU-30, имеющий оболочку длиной 54 м, может брать на борт до 1,5 т полезного груза. Дирижабль нового поколения, разрабатываемый инженерами «Росаэросистем», при длине оболочки всего на 30 м больше возьмет полезную нагрузку 16 т! В перспективных планах группы компаний — строительство дирижаблей с полезной нагрузкой 60 и 200 т. Причем именно в этом сегменте дирижаблестроения должна произойти маленькая революция. Впервые за многие десятилетия в воздух поднимется дирижабль, выполненный по жесткой схеме. Подъемный газ будет помещаться в мягких баллонах, жестко прикрепленных к каркасу, укрытому сверху аэродинамической оболочкой. Жесткий каркас добавит дирижаблю безопасности, так как даже в случае серьезной утечки гелия аппарат не утратит аэродинамическую форму.

Другой интересный проект, по которому в группе компаний «Росаэросистемы» уже проведены НИОКР, — это геостационарный стратосферный дирижабль

«Беркут». В основе идеи — свойства атмосферы. Дело в том, что на высоте 20–22 км ветровой напор относительно невелик, причем ветер имеет постоянное направление — против вращения Земли. В таких условиях довольно легко с помощью тяги двигателей зафиксировать аппарат в одной точке относительно поверхности планеты. Стратосферный геостационар можно использовать практически во всех областях, в которых сейчас применяются геостационарные спутники (связь, передача теле- и радиопрограмм и т.д.). При этом дирижабль «Беркут» будет, разумеется, существенно дешевле любого космического аппарата. Кроме того, если спутник связи выходит из строя, ремонту он уже не подлежит. «Беркут» же в случае любых неполадок всегда можно будет спустить на землю, чтобы провести необходимую профилактику и ремонт. И наконец, «Беркут» — это абсолютно экологически чистый аппарат. Энергию для двигателей и ретранслирующей аппаратуры дирижабль возьмет от солнечных батарей, размещенных на верхней части оболочки. В ночное время питание будет производиться за счет аккумуляторов, накопивших электричество в течение дня.

Еще ближе к космосу

Дирижабли, в основном относятся к газовому типу. Однако существуют еще и тепловые дирижабли — фактически управляемые монгольфьеры, в которых подъемным газом служит нагретый воздух. Они считаются менее функциональными, чем их газовые собратья, в основном из-за более низкой скорости и худшей управляемости. Основная сфера применения тепловых дирижаблей — аэростат и спорт. И именно в спорте России принадлежит высшее достижение. 17 августа 2006 года пилот Станислав Федоров достиг на тепловом дирижабле российского производства «Полярный гусь» высоты 8180 м. Однако и спортивным дирижаблям, возможно, будет найдено практическое применение. «Полярный гусь», поднявшись на высоту 10–15 км, сможет стать своего рода первой ступенью системы космических запусков. Известно, что при космических стартах значительное количество энергии тратится именно на начальной стадии подъема. Чем дальше от центра Земли находится стартовая площадка, тем больше экономия топлива и тем большую полезную нагрузку удастся вывести на орбиту. Именно поэтому космодромы стараются размещать ближе к экваториальной области, чтобы выиграть (за счет приплюснутой формы Земли) несколько километров.

Так был побит мировой рекорд, продержавшийся 90 лет и принадлежавший немецкому дирижаблю Zeppelin L-55. Рекорд «Полярного гуся» стал первым шагом в выполнении программы «Высокий старт» — проекта Русского воздухоплавательного общества и группы компаний «Метрополь» по запуску легких космических аппаратов с высотных дирижаблей. В случае успеха этого проекта в России будет создан передовой аэростатно-космический комплекс, способный экономично выводить на орбиту частные спутники массой до 10–15 кг. Одно из предполагаемых

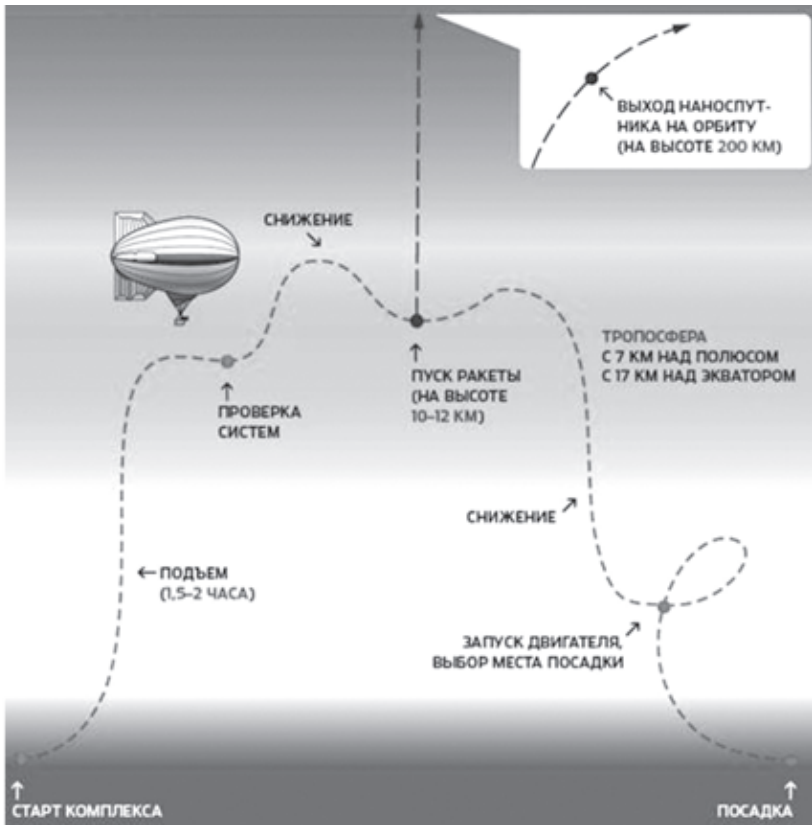


Рисунок 10.2. Тепловой дирижабль

направлений использования комплекса «Высокий старт» — запуск геофизических ракет для исследования приполярных областей Северного Ледовитого океана. Интересные проекты дирижаблей нового поколения разрабатываются на североамериканском континенте. Создать «небесную суперяхту» ML 866 намерена в недалеком будущем корпорация Worldwide Aeros. Этот дирижабль сконструирован по гибридной схеме: в полете около 2/3 веса машины будут компенсироваться архимедовой силой, а подниматься вверх аппарат будет благодаря подъемной силе, возникающей при обтекании набегающим потоком воздуха оболочки корабля. Для этого оболочке будет придана специальная аэродинамическая форма. Официально ML 866 предназначен для VIP-туризма, однако, если учесть, что Worldwide Aeros получает финансирование в частности от государственного агентства DARPA, занимающегося оборонными технологиями, не исключено использование дирижаблей в военных целях, например для наблюдения или связи. А канадская компания Skyhook совместно с Boeing объявила о проекте JHL-40 — грузового дирижабля с полезной нагрузкой 40 т. Это тоже «гибрид», однако здесь архимедова сила будет дополняться тягой четырех роторов, создающих тягу по вертикальной оси.

Гибель гигантов

История воздушных катастроф с большим количеством жертв берет свое начало в эпохе дирижаблей. Британский дирижабль R101 отправился в свой первый полет 5 октября 1930 года. На борту он нес государственную делегацию во главе с министром воздушного сообщения Кристофером Бёрдвеллом лордом Томпсоном. Через несколько часов после старта R101 снизился до опасной высоты, врезался в холм и сгорел. Причиной катастрофы стали просчеты в проектировании. Из 54 пассажиров и членов экипажа погибли 48, включая министра. 73 американских военных моряка встретили гибель, когда попавший в бурю дирижабль «Акрон» упал в море неподалеку от побережья штата Нью-Джерси. Случилось это 3 апреля 1933 года. Людей убил не удар при падении, а ледяная вода: на дирижабле не было ни одной спасательной лодки и лишь несколько пробковых жилетов. Знаменитая катастрофа «Гинденбурга», произошедшая 6 мая 1937 года, по количеству жертв уступает этим двум. Все три погибших дирижабля были накачаны взрывоопасным водородом. Гелиевые дирижабли сегодняшнего дня значительно безопаснее.

Поезда с реактивным двигателем

Именно рельсовое полотно оказалось препятствием для роста скоростей железнодорожных составов. При высоких скоростях возникают такие большие динамические воздействия колеса на рельс, что рельсовое полотно не выдерживает. Поэтому основная задача железнодорожного транспорта состояла в переходе на более тяжелые рельсы. Когда, например, более тяжелые рельсы были уложены на участке железной дороги между Москвой и Ленинградом, удалось резко увеличить скорость движения поездов и установить национальный рекорд скорости 200 км/ч.

Однако в перспективе и тяжелые рельсы не решают проблемы. Растут скорости, увеличиваются динамические воздействия колеса на рельсы, и даже более тяжелые рельсы становятся недостаточно прочными. Кроме того, при высоких скоростях начинается пробуксовка колеса относительно рельса. Система «колесо — рельс» теряет способность удовлетворительно передавать тяговое усилие.

В 1967 году в Японии были проведены исследования максимально возможной скорости для суперэкспресса, состоящего из 12 вагонов, который начал курсировать на линии Токайдо. Эта скорость составила 370 км/ч. Дальнейшее увеличение силы, приложенной к колесу, уже не дает увеличения скорости, так как она вызывает только скольжение колеса относительно рельса.

Возникла идея освободить колесо от передачи тягового усилия путем применения установленного на крыше поезда реактивного двигателя (рис. 10.3.). В этом случае колеса выполняют роль катков, бегущих по рельсам.

Оценим перспективность такого поезда по критериям прогрессивности. Поезд предполагалось эксплуатировать при скоростях до 300 км/ч. Такая скорость на железной дороге — серьезный успех, и критерий скорости у такого поезда



Рисунок 10.3. Поезд с реактивным двигателем

значительно лучше, чем у обычных железнодорожных поездов. Поезд с реактивным двигателем проектировался для существующих железных дорог. Поэтому с критерием экономичности у него, казалось бы, все обстоит благополучно, так как не нужны большие затраты на строительство новых дорог.

Однако по существующим железным дорогам ходят обычные пассажирские и грузовые поезда, скорость которых намного ниже. Несоответствие между скоростями реактивных поездов и скоростями остальных поездов приведет к тому, что один поезд новой конструкции выбьет из графика десятки других, которые будут вынуждены стоять ни разъездах в ожидании, пока он промчится. В результате по критерию экономичности реактивный поезд не проходит.

Оценивая такой поезд по критерию безопасности, следует иметь в виду возможный динамический удар, возникающий при встрече двух поездов, каждый из которых несется друг другу навстречу по двум близко расположенным рельсам со скоростью 300 км/ч. Возникает также много других проблем. Однако и одного критерия экономичности достаточно, чтобы отказать этому поезду в перспективности.

Оценка поезда с реактивным двигателем по критериям прогрессивности показывает, что он не является принципиально новым видом транспорта, как об этом в свое время много писали.

Величайшее изобретение человека — колесо — стало препятствием для дальнейшего роста скорости. Возникла идея отказаться от колеса и заменить его воздушной подушкой.

Монорельсовая дорога

Монорельсовая дорога в семействе железных дорог — особая: вагоны такой дороги движутся по одному рельсу (рис. 10.4). «Моно» означает «один», «единственный». И этот один рельс не лежит на земле, а закреплен на высоких опорах. Вагоны как бы плывут над землей. А так как им не мешают пешеходы, автомобили, путь их не пересекает другая дорога, то они могут двигаться со значительно большей скоростью, чем по обычной дороге. Это высокоскоростная дорога, которой принадлежит будущее.

Первая монорельсовая дорога на столбах с конной тягой была построена в 1820 году в подмосковном селе Мечкове для перевозки леса. В России это событие осталось незамеченным, а год спустя в Англии на монорельсовый путь был выдан патент. Одна из первых пассажирских монорельсовых дорог появилась в Германии в 1901 году.



Рисунок 10.4. Монорельсовая дорога, Токио, Япония

На рисунке 10.5 изображена монорельсовая транспортная система навесного типа, которая содержит транспортную балку 1, жестко закрепленную на вертикальных опорах 2, и транспортное средство 3. Транспортная балка 1 снабжена защитным устройством в виде незамкнутого короба 4, жестко скрепленным с ней. Подвеска 5 опорных и стабилизирующих колесных пар выполнена в виде рамных конструкций, охватывающих короб, и с узлами двух стабилизирующих пар, при этом колеса опорных пар 6 и 7 размещены внутри короба. Колеса одной стабилизирующей пары 8 и 9 взаимодействуют с транспортной балкой, а колеса другой стабилизирующей пары 10 и 11 — с внешней боковой поверхностью короба. Опорная пара 6 и 7 на подвеске размещена между стабилизирующими парами.

Современная монорельсовая дорога — это железобетонная или металлическая балка (рельс), поднятая на эстакаду, и подвижной состав (вагоны) на тележках с пневматическими шинами. Различают *навесные дороги* (рис. 10.5), где вагоны имеют нижнюю точку опоры и как бы сидят верхом на несущей балке, и *подвесные системы* (рис. 10.6), где вагоны подвешиваются к тележкам, опирающимся на балку. Каждый из названных типов дорог имеет свои преимущества и недостатки.

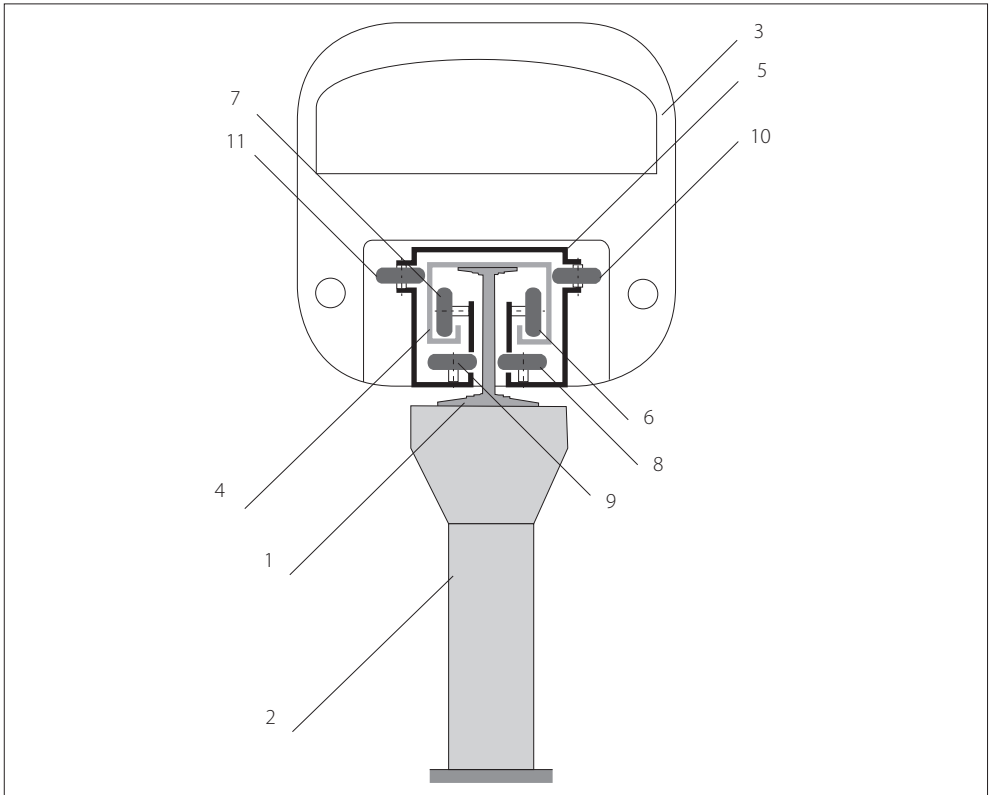


Рисунок 10.5. Монорельсовая транспортная система навесного типа



Рисунок 10.6. Вуппертальская подвесная дорога, Германия

Навесная дорога требует более сложной системы ходовых частей для обеспечения устойчивости вагонов. В плохих метеоусловиях монорельс (балка) покрывается льдом или снегом и система выходит из строя или требует больших затрат по ее очистке. Но данная дорога требует меньшую высоту опор эстакады (2–3 м) и, следовательно, меньшую строительную стоимость. Для подвесных дорог требуются высокие опоры (4–5 м), но ходовые части вагонов значительно упрощаются.

Ввиду значительной стоимости и некоторых эксплуатационных неудобств (необходимость подъема пассажиров на эстакаду и спуска с неё, сложность обслуживания пути и подвижного состава) монорельсовые дороги пока не получили повсеместного применения.

Этот вид железной дороги исключительно подходит для современного города с его плотной застройкой, многолюдьем и транспортными пробками. В Японии в 1955 году была организована исследовательская группа, которая занялась созданием сверхзвукового экспресса для монорельсовой дороги.

Интересно, что возглавил группу профессор Кенойя Одава — известный конструктор самолетов. В 1970 году на точной копии такого экспресса пробную поездку совершили подопытные животные. Они хорошо перенесли путешествие. Япония пошла дальше других стран и в практических делах. В начале 70-х годов были построены монорельсовые дороги для пригородного и городского сообщений. Высокоскоростная 50-километровая монорельсовая дорога в 1987 году соединила г. Осака с аэропортом.

Преимущества

- Основное преимущество монорельсовой дороги заключается в том, что она, как и традиционный метрополитен, не занимает место на перегруженных магистралях города, но, в отличие от метро, гораздо дешевле в строительстве. (Собственно монорельсовые линии, используемые в качестве городских пассажирских линий еще одна возможная реализация метрополитена.)
- Монорельсовый состав может преодолевать более крутые вертикальные уклоны по сравнению с любым железнодорожным двурельсовым транспортом.
- Скорость, развиваемая монорельсом, в теории может значительно превышать скорость традиционных рельсовых составов, так как отсутствует опасность схода состава с рельс. Кроме того, вероятность столкновения с другими объектами дорожного движения ничтожно мала.
- Монорельсовая стрелка (стрелочный перевод)
- Обзорность шире по всем сторонам движения из-за поднятия транспортных линий на определенную высоту. По этой причине многие виды монорельсов рассматриваются как основной кандидат на обзорно-экскурсионный транспорт в парках развлечений и других рекреационных территориях. В частности монорельс в парке Дисней (США), в зоопарке Ueno Zoo (Япония) и монорельс Wolmido для доступа туристов на популярный одноименный остров в Юж. Корее.
- Пониженная шумность, в некоторых случаях тише традиционного трамвая из-за использования тихих электродвигателей и прорезиненных колес, ставших де факто обязательными практически во всех видах монорельса. Шум немецкого монорельса Wuppertaler Schwebebahn после реконструкции составляет около 56 дБ (50 дБ — разговор средней громкости, тихая улица, стиральная машина согласно статье о звуковом давлении).
- Быстрота строительства и ввода в эксплуатацию по сравнению с подземным метрополитеном без необходимости дорогостоящего выкапывания подземных тоннелей или переноса подземных коммуникаций. В частности по технологии монорельса SIPEM (H-Bahn) установка трех опор в законченном виде предусматривается за 6 рабочих дней.

Недостатки

- На практике монорельсовый транспорт часто движется с низкой скоростью, а монорельсовые дороги не могут справиться с большими пассажиропотоками (исключения: ALWEG-монорельсы от Hitachi и Bombardier и H-Bahn).
- Монорельсовые дороги почти нигде не стандартизированы. Исключением является Япония.
- Монорельсовая стрелка — сложное сооружение, время перевода монорельсовой стрелки — 30 с, в отличие от обычных железнодорожных (в том числе трамвайных) стрелок, которые переводятся за долю секунды.

- Существует потенциальная опасность падения состава с большой высоты (по сравнению с трамваем) — особенно у подвесных систем.
- На некоторых линиях, в случае остановки вагона из-за аварии или технических проблем, пассажиры не могут покинуть вагоны.
- Рельс принимает на себя мощные крутильные напряжения. На подвесном — не только рельс, но и конструкция вагона.
- На подвесном монорельсе возникает качка.
- Содержание монорельсовой линии гораздо дороже, чем линии любого другого общественного транспорта и оправдывает себя только если линия способна обслужить большой пассажиропоток.

Транспорт на воздушной подушке

Идею создания аппарата на воздушной подушке впервые высказал в 1716 году шведский ученый Э. Сведенберг. В 1853 году русский инженер Иванов предложил создать воздушную прослойку под днищем судна, чтобы уменьшить сопротивление воды. Для движения своего «трехкильного духоплана» он предлагал использовать реактивное воздействие воздуха, выходящего из-под днища в кормовой части судна. Однако эти идеи по разным причинам не могли еще стать транспортными средствами.

В 1927 году К.Э. Циолковский опубликовал работу *«Сопротивление воздуха и скорый поезд»*, в которой дал научно-техническое обоснование и принципы расчетов вагона на воздушной подушке, движущегося по специально спрофилированному рельсу. Необходимая для движения сила создавалась вырывающимся из-под поезда в направлении, противоположном его движению, воздухом. Фактически он предлагал поезд-снаряд, который, прежде чем взлететь, разгоняется по монорельсу, опираясь на воздушную подушку.

Однако сам поезд в том виде, как его описал К. Э. Циолковский, транспортным средством быть не может. Безопорный полет в воздухе поезда-снаряда требует больших скоростей, а, следовательно, больших энергетических затрат на преодоление сопротивления движению. Вследствие высоких энергетических затрат, необходимых для движения, критерий экономичности поезда Циолковского оказывается неудовлетворительным. Поезд не отвечает требованиям и по критерию безопасности, так как остается неясным решение проблемы посадки такого поезда после баллистического полета. Однако сама идея заменить колесо воздушной подушкой была революционной.

В 1959 году английский инженер К. Коккерелл провел испытания своего корабля на воздушной подушке, получившего название «Ховеркрафт». В этой конструкции были продолжены разработки, начатые за три десятилетия до этого В. И. Левковым. В. И. Левков построил такой корабль и в начале 30-х годов успешно провел его испытания. Несмотря на это, новый вид транспортного средства не был признан и оценен по достоинству.

В 1955 году в Хлебникове, под Москвой, были проведены испытания первого автомобиля на воздушной подушке, созданного двадцатилетним студентом Московского нефтяного института Г. Туркиным. Уже при первых испытаниях четырехкилограммовая модель автомобиля поднимала 12-16 кг груза. Туркин вместе с С. Демушкиным и П. Морозовым построил машину в натуральную величину. Во время испытаний автомобиль завис над землей, однако заглох один мотор. Испытания были прекращены, так как Туркин умер из-за остановки большого сердца.

Суда на воздушной подушке (рис. 10.7) начали получать распространение лишь с 60-х годов и пока на отдельных небольших линиях (реках) и при перевозках через морские проливы. Идея использования воздушной подушки известна давно. В СНГ создано несколько моделей судов на воздушной подушке. Среди них «Радуга» — небольшой катер для движения со скоростью 100 км/ч, более крупное — «Горьковчанин» на 48 пассажирских мест и другие. Сотни таких судов построены во многих странах мира. Самые крупные работают в качестве автопассажирских паромов через пролив Ла-Манш. Одно из таких судов водоизмещением 180 т и грузоподъемностью 80 т имеет длину 39,2 м и ширину 22,8 м. Четыре турбовинтовых двигателя общей мощностью 13600 л.с. позволяют развивать скорость до 80 узлов (140–150 км/ч).



Рисунок 10.7. Судно на воздушной подушке

В 1977 году во Франции было создано для работы на проливе Паде-Кале судно длиной 50 м и шириной 23 м с 3 винтовыми двигателями на корме и может двигаться со скоростью 65 узлов. При включении вентиляторов суда этого типа поднимаются над водой на 1,5–2 м.

Преимущества судов на воздушной подушке — в их большой скорости и вездеходности, т.е. в возможности движения по мелководью, выхода на пологий берег и движения над относительно ровной поверхностью земли. Такие суда-амфибии не нуждаются в портах и причальных сооружениях. Однако они могут двигаться лишь при небольшом волнении (до 4 баллов), становятся неуправляемыми на малых скоростях, а при движении над водой создают облака водяной пыли, которая ускоряет коррозию частей и агрегатов судна.

Их недостатком является большой расход энергии на создание воздушной подушки и сильный шум. Исследования по совершенствованию судов на воздушной подушке продолжаются.

Сухопутные аппараты на воздушной подушке в основном существуют в виде проектов и *опытных* образцов. Первыми были опытные образцы автомобилей. Они имели плоское днище, под которое вентиляторы нагнетали воздух. Одно или несколько колес остаются в контакте с землей для обеспечения горизонтальной тяги. К настоящему времени эксперименты с ними отложены.

В рельсовых системах возникла идея использования для опоры вагона (на путь) воздушной подушки (рис. 10.8), которая улучшает динамику и комфорт при движении. Разработано несколько проектов таких аэропоездов в разных странах.

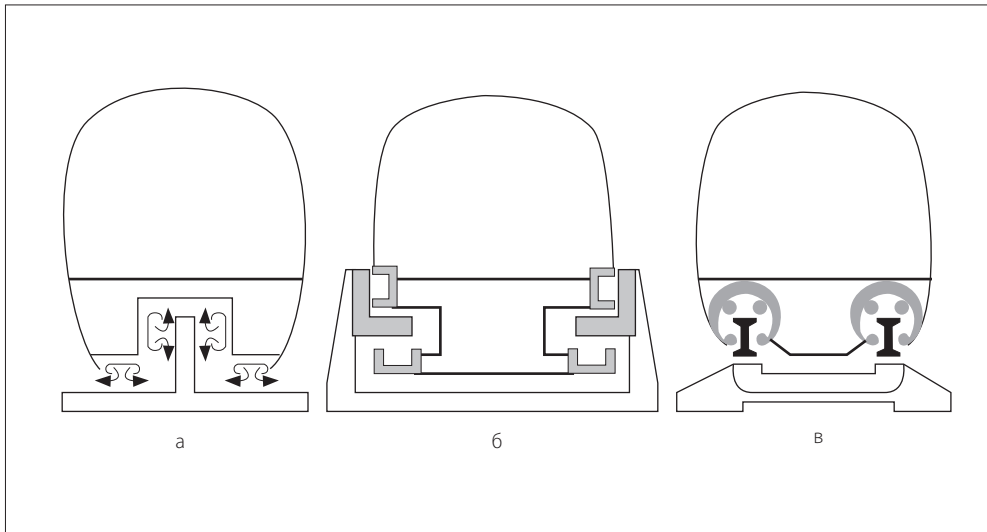


Рисунок 10.8. Системы подвешивания экипажей: а — на воздушной подушке (смазке); б — на электромагнитном притяжении; в — на электродинамическом отталкивании

Большим их недостатком является шум от создания воздушной подушки. Поэтому склонились к применению для транспортных целей линейных электродвигателей. В Англии разработан образец аэропоезда (вагона) массой 25 т для движения со скоростью 480 км/ч под действием линейного электродвигателя. До недавнего времени проблема линейного электродвигателя оставалась не до конца разрешенной. Последние работы в Японии позволили повысить экономичность и надежность линейного электродвигателя, используемого для передвижения транспортной единицы.

Однако ни корабли, ни автомобили на воздушной подушке не были в состоянии развить скорость порядка нескольких сот километров в час. Им не хватало мощности. Движение кораблей и автомобилей на воздушной подушке с высокой скоростью сопряжено с такими большими затратами мощности, что эти транспортные средства становятся неэкономичными. Главное достоинство этих аппаратов — высокая проходимость.

В 1966 г. из Франции поступило сообщение о строительстве экспериментального участка первой монорельсовой дороги длиной 6,7 км с поездами на воздушной подушке. Модель поезда, названного «Аэротрэн-01», вмещающая четырех человек, развила скорость 170 км/ч. В 1968 г. при испытаниях следующей модификации поезда на воздушной подушке «Аэротрэн-02» была получена максимальная скорость 378 км/ч, которая превысила мировой рекорд скорости рельсового транспорта того времени. Следует отметить, что французские поезда в основных элементах повторяли поезд на воздушной подушке, разработанный Зелькиным: поезд состоял из одного вагона, в качестве рельсового пути использовался монорельс, вынесенный на эстакаду, воздушная подушка создавалась вентиляторами от автономной силовой установки, в качестве тяговых были применены два турбовинтовых двигателя, расчетная скорость достигала 430 км/ч, пассажироместимость составляла 180 человек.

Помимо междугородных поездов, той же фирмой были разработаны поезда на воздушной подушке серии «Аэротрэн» для пригородных и городских сообщений. Форма монорельса имела вид перевернутой буквы «Т». Для создания воздушной подушки использовались две группы сопел: первая группа формировала воздушную подушку над горизонтальной поверхностью профиля монорельса — на нее опирался поезд; вторая группа создавала воздушную подушку около боковых поверхностей — она обеспечивала устойчивое движение поезда в поперечном направлении. В варианте поезда для городского сообщения с целью снижения шума тяговое усилие создавалось линейным электродвигателем переменного тока или двумя роликами, прижимаемыми к вертикальному ребру монорельса.

Вслед за Францией к испытанию модели поезда на воздушной подушке приступила Англия. В 1966 г. здесь начали проводить испытания макета поезда на воздушной подушке, названного «Ховеркар».

В СССР монорельсовый поезд на воздушной подушке был официально признан как новый вид транспорта на Всесоюзной конференции по аппаратам на воздушной подушке, которая проходила в Тюмени в 1972 г.

В работе Г.Г. Зелькина «Поезд на воздушной смазке с аэродинамической разгрузкой рельсового полотна. Основы проектирования и расчета» рассмотрен вариант крылатого монорельсового поезда на воздушной подушке (рис. 10.9) со следующими параметрами: количество пассажиров — 180 человек, начальная масса — 40 т, толщина воздушной подушки — 8 мм. Поезд имеет два турбовинтовых тяговых двигателя, снабжен крыльями, обеспечивающими 80%-ную разгрузку рельсового полотна, что позволяет значительно снизить потребляемую мощность вентиляторов, создающих воздушную подушку.

Поезд состоит из следующих элементов: пассажирского салона 1, скользящего шасси 11, крыльев 6, тяговых реактивных двигателей 7, силовой вентиляторной группы и вентиляторов 9 (воздух к вентиляторам поступает через карман 10), желобов для создания дополнительной подъемной силы за счет использования струи реактивных двигателей 8. Монорельс поезда 5 размещается на эстакаде 13, которую поддерживают опоры 12. Монорельс имеет гладкие опорные поверхности 2, на которые через воздушную подушку и шасси опирается поезд, и эксплуатационную канавку 4.

Для улучшения центровки багажное отделение предусматривается в нижней части поезда, а пассажирский салон имеет два этажа. Вдоль монорельса прокладываются линии электропередачи, радиотрансляционной, телефонной связи, а также другие линии коммуникаций 3.

По компоновке поезд состоит из двух отсеков: корпусного с крыльями и пассажирским салоном и двигательного с тяговыми двигателями и вентиляторной установкой. Такая компоновка делает поезд более технологичным, так как предусматривает изготовление отсеков на специализированных предприятиях и увеличивает фронт работ.

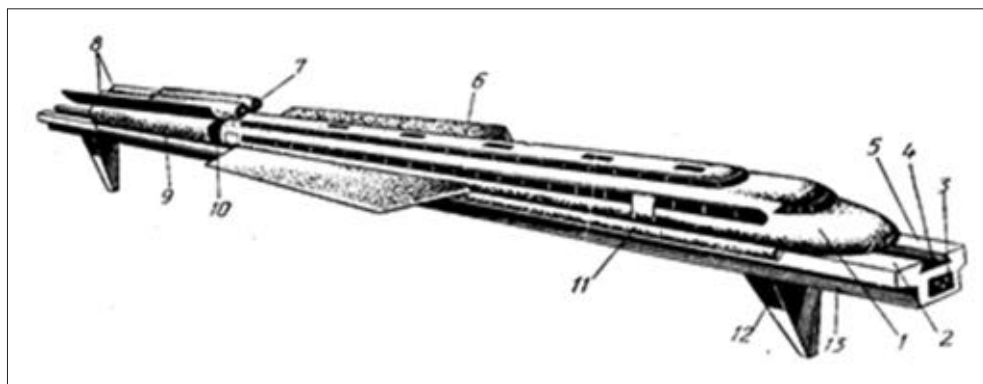


Рисунок 10.9. Крылатый монорельсовый поезд на воздушной подушке

Расчет указанного варианта поезда показал, что применение крыльев позволяет снизить мощность силовой установки поезда при скорости 600 км/ч на 0,975 МВт (1325 л.с.), что в 17 раз превышает затраты мощности, связанные с наличием крыльев.

Для снижения шума предусматривалась возможность использовать в качестве тягового линейный асинхронный двигатель. Отметим, что именно шум вместе с выбросом выхлопных газов от работающих двигателей внутреннего сгорания «отбрасывал» поезд на воздушной подушке на уровень существующих транспортных средств.

Следовательно, наиболее слабым критерием прогрессивности поездов на воздушной подушке является критерий экологического воздействия. Шум работающих двигателей и вентиляторов поезда, продукты неполного сгорания топлива, потоки тепла от работающих энергоустановок наносят вред окружающей среде. Положение улучшается, если использовать линейный асинхронный двигатель, однако остаются вентиляторы, питающие воздушную подушку, которые создают наибольший шум.

Поезд на магнитной подушке (подвеске)

Аппараты на магнитной подвеске оказываются более перспективными. Принцип магнитной подвески состоит в следующем. Если на путь уложить магниты с полюсами, направленными вверх, а на вагоне установить магниты той же полярности, направленные вниз, то под действием сил отталкивания вагон зависнет над путем с зазором в 10–15 мм. Конструктивно магнитная подвеска может выполняться не только способом электродинамического отталкивания, но и приближения. Под тягой от воздушных винтов или от линейного электродвигателя такой вагон получает поступательное движение, преодолевая только сопротивление воздушной среды. Отсутствие механического контакта вагона с путем обеспечивает почти идеальную плавность хода при самых высоких скоростях. Во многих странах уже 15–20 лет ведутся соответствующие исследования и конструкторские работы.

Сравнение транспортных средств на воздушной подушке и магнитной подвеске показало бесспорное преимущество последних. Главное достоинство магнитной подвески заключается в меньшей затрате энергии на создание зазора между путем и подвижным составом.

В лучших образцах магнитопоездов на тонну массы вагона необходима мощность 1 кВт, тогда как на создание воздушной подушки требуется мощность 30–40 кВт. Второе преимущество поездов на магнитной подвеске заключается в отсутствии сильного шума, присущего аппаратам на воздушной подушке.

В области разработки магнитопоездов наибольшие результаты получены в Германии и Японии. В 1988 году модель, представляющая вагон на 196 мест длиной 54 м и массой 120 т, развила скорость 412 км/ч (Германия).

Первой осуществленной городской линией длиной 600 м с магнитной подвеской считается двухпутная линия, связывающая железнодорожный вокзал с аэро-

портом в Бирмингеме (Англия). Поезд состоит из 2 легких вагонов из стеклопластика вместимостью 40 пассажиров и следует с зазором 15 мм над путем со скоростью 40 км/ч. Поступательное движение осуществляется линейным электродвигателем. Поезд управляется ЭВМ без машиниста.

Перспективы развития магнитного транспорта связывают с возможностью использования сверхпроводящих магнитов, позволяющих резко снизить энергозатраты. Но и теперь при перевозках на расстояние 1–2 тыс. км магнитопоезда могут оказаться более эффективными, чем самолеты.

Поезд на магнитной подушке должен решать такие же проблемы, как и поезд на воздушной подушке: как эффективнее создать противодействие полю тяготения Земли, отказавшись от колеса, которое ограничивало увеличение скорости движения, и каким должен быть тяговый двигатель. Способ подвески и тип двигателя являются определяющими при разработке, проектировании и практическом воплощении скоростных бесколесных поездов вообще и поездов на магнитной подушке, в частности.

Главное достоинство поездов на магнитной подушке заключается в отсутствии вредного воздействия на окружающую среду: они не шумят, не загрязняют атмосферу, и было бы нелогичным в таких поездах в качестве тяговых использовать реактивные двигатели или двигатели с толкающим либо тянущим винтом. Поэтому для поездов на магнитной подушке (рис. 10.10) разрабатываются двигатели, в которых механическое тяговое усилие возникает в результате взаимодействия магнитных и электрических полей. Созданное таким образом усилие может быть использовано и для подвешивания поезда над рельсовым полотном.



Рисунок 10.10. Поезд с магнитным подвешиванием для высокоскоростных магистралей «Маглев». Япония

Поезд «Маглев» в ходе испытаний на экспериментальном участке протяженностью 42,8 км развил скорость 603 км/ч. Основной принцип действия системы «Маглев» заключается в создании мощного магнитного поля между поездом и железнодорожным полотном за счет действия высокотемпературных сверхпроводников. При этом, в отличие от традиционных скоростных поездов, новые составы не будут касаться поверхности рельса в процессе движения, а тормозящей силой будет являться аэродинамическое сопротивление.

Реализация проекта «Маглев» в Японии позволит связать линиями нового типа ряд крупных городов и значительно сократить время передвижения пассажиров. В настоящее время поездка между Токио и Осакой составляет в среднем около 140 минут. После запуска поездов серии L0 разработчики обещают сократить время пути вдвое.

Ожидается, что скорость движения поездов «Маглев» будет достигать около 500 км/ч, что позволит этому виду железнодорожного транспорта составить серьезную конкуренцию авиатранспорту на ближнемагистральных и среднемагистральных направлениях. Строительство первой трассы для поездов на магнитной подушке между городами Токио и Нагоя планируется завершить к 2027 году.

Работа электрического двигателя постоянного тока основана на законе Ампера, по которому магнитное поле с определенной силой действует на проводник с током. Следовательно, если внутри постоянного магнита поместить замкнутый проводник и пропустить через него электрический ток, то возникнет сила, которая заставит этот проводник вращаться. Первый двигатель постоянного тока, который мог быть использован для практических целей, был построен русским физиком и электротехником Б.С. Якоби в 1842 г. Вначале в двигателях использовались постоянные магниты, затем — электромагниты.

Активными элементами электрического двигателя постоянного тока, применяемого в настоящее время, являются обмотки статора и ротора (якоря), магнитные сердечники и коллектор. Магнитный сердечник статора имеет главный и дополнительные полюса. На главных полюсах есть обмотка возбуждения, которая и создает основное магнитное поле. Коллектор и щетки усложняют конструкцию и понижают надежность ее работы, их обслуживание требует больших затрат. Коллекторно-щеточный узел ограничивает скорость вращения двигателей постоянного тока значениями 50–52 м/с. Однако двигатели постоянного тока позволяют в широких пределах плавно и экономично регулировать угловую скорость. Поэтому они получили большое распространение на рельсовом и безрельсовом электрифицированном транспорте.

Использование такого двигателя в качестве тягового в высокоскоростных поездах на магнитной подушке возможно, если он будет выполнен в виде линейного двигателя, вытянутого вдоль рельсового полотна. Однако применение линейного двигателя постоянного тока с коллектором и механическим коммутатором в беско-

лесных поездах связано с большими материальными затратами на изготовление и обслуживание коллектора и ограничением скорости значениями 110–140 м/с из-за условий коммутации.

Возможности линейного двигателя постоянного тока могут быть существенно расширены, если переключение секций обмотки якоря осуществлять автоматически в зависимости от расположения полюсов индуктора. Такой двигатель называют автосинхронным.

В настоящее время и у нас в стране, и за рубежом много внимания уделяется разработке электродинамического принципа создания тягового усилия. Известны асинхронные и синхронные электрические двигатели, использующие этот принцип. В асинхронных электрических двигателях осуществляется взаимодействие магнитного поля, создаваемого переменным электрическим током в обмотках статора, с электрическим током, который генерируется в обмотках ротора.

Этот принцип стал использоваться в асинхронных электрических машинах после того, как в 1888 г. итальянский физик Г. Феррарис и сербский инженер Н. Тесла независимо друг от друга открыли явление вращающегося магнитного поля, которое создается при наложении двух или более переменных магнитных полей одинаковой частоты, но сдвинутых в пространстве по фазе.

Если по обмотке статора пустить трехфазный переменный ток, то возникает вращающееся магнитное поле, которое, взаимодействуя с током, индуцируемым в обмотках ротора полем статора, создает механическое усилие, которое заставляет ротор вращаться в направлении вращения магнитного поля. При этом скорость вращения ротора меньше скорости вращения поля статора, т.е. ротор по отношению к полю статора вращается асинхронно. Скорость вращения ротора зависит от скорости вращения магнитного поля статора и определяется частотой питающего тока и числом пар полюсов.

В зависимости от способа выполнения обмотки ротора различают асинхронные электродвигатели с контактными кольцами и короткозамкнутые. При пуске асинхронного электродвигателя с короткозамкнутым ротором возникает пусковой ток, величина которого в 4–7 раз превышает номинальный. Чтобы снизить пусковой ток, его включают на пониженное напряжение, а после запуска обмотку ротора асинхронного двигателя замыкают накоротко. Воздушный зазор у асинхронного двигателя должен быть возможно меньшим.

Принцип асинхронной электрической машины можно использовать для создания тягового усилия в бесколесных поездах. В этом случае статор двигателя, к которому подводится переменный трехфазный электрический ток, размещается в вагоне, а ротор — вдоль рельсового пути. Возникнет тяговое усилие, и плоский статор, а вместе с ним и поезд двинется вдоль плоского ротора. Такой двигатель получил название линейного асинхронного. Линейный асинхронный двигатель имеет большие преимущества при использовании в скоростных бесколесных

поездах. У него нет ограничения по скорости, так как он не имеет вращающихся частей, которые при высоких скоростях могут быть разорваны центробежными силами, а, следовательно, не возникает и вибраций. Кроме того, сами вращающиеся части подвержены быстрому износу. Поезд с линейным асинхронным двигателем имеет хорошие динамические характеристики: так как масса его невелика, он быстро набирает скорость и легко тормозится, при этом рекуперированная энергия возвращается в электрическую сеть.

Существует много вариантов конструкций линейного асинхронного двигателя. Один из них состоит в следующем: статор разворачивается вдоль полотна (активный путь), а ротор, выполненный в виде алюминиевой шины, — в вагоне. Поезд становится легче, так как он не несет тяжелого статора, масса которого составляет 1/4 массы поезда; кроме того, отпадает необходимость передавать электроэнергию на экипаж, движущийся с высокой скоростью. Однако стоимость активного пути так высока, что приходится от этого варианта отказаться.

Другой вариант предусматривает, например, размещение в вагоне двух статоров, между которыми с зазорами 30–40 мм располагается алюминиевая шина, устанавливаемая на полотне. Это двусторонний линейный асинхронный двигатель с вертикальным расположением алюминиевой шины и статоров. Такая конструкция тягового двигателя очень усложняет устройство «стрелочных» переводов. Эта проблема легко решается применением одностороннего линейного асинхронного двигателя. В этом случае в вагоне в горизонтальном положении размещается один статор, а алюминиевая шина располагается на полотне. Для увеличения магнитной проводимости под нее можно положить стальной сердечник. Эта конструкция получила название «сэндвич». Однако тяговое усилие одностороннего линейного асинхронного двигателя при прочих равных условиях вдвое меньше, чем двустороннего.

При использовании линейного асинхронного двигателя полотно дороги не подвержено температурным нагрузкам, так как при быстром движении поезда участки дороги, на которых происходит взаимодействие магнитного поля статора с электрическим током ротора, не успевают нагреваться. А статор нагревается теплом, которое выделяется протекающим в проводниках током. Нагревание статора — одна из самых серьезных проблем. Основное направление ее решения — использование сверхпроводников.

Явление сверхпроводимости, открытое в начале XX в. и получившее теоретическое обоснование 25 лет спустя, характеризуется полным отсутствием сопротивления току и, следовательно, тепловых потерь. Возникает оно в проводниках, охлажденных до температуры, близкой к абсолютному нулю ($0 \text{ K} = -273^\circ\text{C}$).

Введенный в сверхпроводящую обмотку электромагнита электрический ток, практически не встречая сопротивления, будет циркулировать в ней продолжительное время. Например, через сверхпроводящие магниты, изготовленные в виде

катушек размером 1,2×0,6 м, погруженных в жидкий гелий, пропускали ток силой 10⁶ А. Он убывал в сутки на 1%.

Очень важно найти сплавы, обладающие свойством сверхпроводимости при более высоких температурах. Удалось создать сверхпроводник из ниобия и германия с критической температурой (температурой, при которой сплав приобретает свойства сверхпроводника), равной 22,3 К. Такую температуру можно получить уже с помощью жидкого водорода, а не жидкого гелия, а это значительно проще и гораздо дешевле. Создание материалов, обладающих сверхпроводящими свойствами при комнатной температуре, что теоретически не исключается, привело бы к настоящей революции в науке и технике, в частности на транспорте.

Наряду с бесспорными достоинствами линейный асинхронный двигатель обладает и существенными недостатками. Дорого стоит его неподвижная часть, вытянутая вдоль пути. Увеличивается расход энергии, правда, снижаются расходы на ремонт и эксплуатацию дороги. КПД этих двигателей ниже, чем, например, КПД обычного тягового электродвигателя постоянного тока, у которого он равен 0,92: КПД линейного асинхронного двигателя с алюминиевым ротором составляет 0,88, со стальным ротором — 0,7.

Однако самые существенные недостатки линейных асинхронных двигателей — малый зазор между движущимися и неподвижными частями, который не обеспечивает безопасности движения поездов при высоких скоростях, и трудности, связанные с подводом тока к движущемуся поезду. Эти недостатки заставляют обратиться к линейному синхронному двигателю. В линейном синхронном двигателе обмотка статора подключается к сети переменного тока, а обмотка ротора питается постоянным током. Взаимодействие магнитных полей статора и ротора приводит к возникновению крутящего момента, под действием которого ротор вращается синхронно с вектором напряженности магнитного поля статора.

Для пуска синхронных электродвигателей используют: вспомогательный двигатель малой мощности, который разгоняет синхронный электродвигатель с отключенной нагрузкой; плавное увеличение частоты напряжения в статорной обмотке; вращающийся электромагнитный момент, который возникает в результате взаимодействия магнитных полей статора с полем тока, наведенного в пусковой обмотке или теле ротора. Последний способ, представляющий собой асинхронный способ пуска, получил наибольшее распространение.

В линейном синхронном двигателе неподвижная часть — статор — состоит из системы прямоугольных контуров, уложенных вдоль всего пути и питающихся от трехфазной сети. Подвижная часть двигателя — ротор — состоит из ряда одинаковых прямоугольных контуров, по которым протекают постоянные токи одинаковой силы и чередующегося направления.

Токи в статоре, сдвинутые друг относительно друга во времени и пространстве на 1/3 периода, создают магнитное поле, перемещающееся вдоль пути. Взаимо-

действуя с токами ротора, оно создает тяговое усилие, которое перемещает ротор вдоль рельсового полотна.

Линейный синхронный двигатель становится весьма эффективным в том случае, если обмотка ротора представляет собой сверхпроводящие электромагниты, которые способны создавать огромную намагничивающую силу при малых затратах электроэнергии. В этом случае расстояние между ротором и статором в линейном синхронном двигателе составляет десятые доли метра, что вполне достаточно для безопасного движения поезда при высоких скоростях. Следует отметить, что большое расстояние между подвижной и неподвижной частями линейного синхронного двигателя приводит к тому, что с обмотками ротора сцепляется сравнительно небольшая часть магнитного поля, создаваемого статором. Именно поэтому и требуются сильные токи, необходимые для создания достаточного тягового усилия. Так как сильные токи приводят к очень большим тепловым потерям в проводниках, то без решения проблемы сверхпроводимости линейный синхронный двигатель становится нереальным. Вследствие этого в разрабатываемых поездах с линейным синхронным двигателем предполагается, что обмотка его ротора будет выполнена из сверхпроводящих материалов.

Конструктивно линейные синхронные двигатели сложнее, чем асинхронные. При использовании в поездах синхронных двигателей острее стоит проблема защиты пассажиров от воздействия сильного магнитного поля.

При относительно малых скоростях движения (до 200–250 км/ч) благодаря простоте конструкции, возможности легкого пуска, останова и плавного изменения скорости предпочтение обычно отдается линейному асинхронному двигателю. При больших скоростях преимущества на стороне линейного синхронного двигателя. Линейные двигатели — основные двигатели поездов на магнитной подушке.

Для создания магнитной подушки используются те же принципы, которые легли в основу разработки тяговых линейных двигателей. Самый простой способ — использование силы отталкивания одноименных или притягивания разноименных полюсов магнита. Еще в 50-х годах XX в. постоянные магниты были слабы и для создания в поездах магнитного подвешивания не пригодны. В последние годы благодаря появлению улучшенных магнитных материалов, например бариевых ферритов, в ряде стран начались разработки конструкций поездов, использующих для создания магнитной подушки постоянные магниты. Существуют проекты, в которых магнитная левитация достигается силой притяжения постоянных магнитов, размещенных в вагоне, к стальному рельсу; в других проектах магнитная подушка создается за счет отталкивания одноименных полюсов постоянных магнитов поезда и рельса.

Например, в Англии разрабатывается проект, по которому магнитная подушка создается керамическими магнитами, содержащими 90% окиси железа, а также других окислов. Подъемная сила таких магнитов в 50 раз больше, чем стальных.

Сила отталкивания керамических магнитов, уложенных на полотне дороги и размещенных в нижней части вагона, способна поднять вагон массой 5 т на высоту 25 мм.

Постоянные магниты можно заменить электромагнитами. В 1910 г. бельгийский монтер Э. Башле построил первую модель вагона на магнитной подвеске, используя для этой цели электромагнит. Модель массой 50 кг не только парила в воздухе, но и развивала фантастическую по тем временам скорость 500 км/ч. Через четверть века немецкий инженер Кемпер построил другую модель вагона на магнитной подушке и, будучи более практичным, взял патент на изобретение. И в этой модели для создания магнитной подушки были использованы электромагниты. Однако электромагниты требуют системы стабилизации, которая, воздействуя на величину тока в их обмотке, поддерживает постоянный зазор между электромагнитом и поверхностью пути.

Наиболее эффективный способ создания магнитной левитации состоит в применении электродинамической магнитной подвески. Такие подвески работают в соответствии с уже знакомыми нам принципами действия асинхронной и синхронной электрических машин. В электродинамической магнитной подвеске, осуществляемой по принципу асинхронной электрической машины, происходит взаимодействие магнитного поля, создаваемого переменным электрическим током в обмотках статора, с электрическим током, который индуцируется в обмотках ротора. Так же как и в линейном асинхронном двигателе, экономичность этого способа существенно повышается, если электрический ток циркулирует в сверхпроводящей магнитной катушке.

Идеи проектов новых транспортных средств

Прежде, чем говорить о транспорте будущего, рассмотрим, какими проектами наука располагает сегодня, какие идеи, заложенные в этих проектах, окажутся полезными завтра.

Так как транспорт играет огромную роль в человеческом обществе, разработке транспортных средств уделяется очень большое внимание на всех континентах. Газеты и журналы всего мира публикуют информацию о новых, иногда неожиданных и весьма экзотических транспортных средствах и новых принципах, которые в них реализуются.

Инерционный или «заводской» транспорт основан на принципе использования кинетической энергии маховика, установленного на подвижном составе. Идея такого двигателя, предложенная русским инженером В.И. Шутерским более 100 лет назад, наиболее полно была реализована в Швейцарии, где были построены 17 автобусов вместимостью по 70 пассажиров для работы на городских маршрутах, и частично в Конго протяженностью 4,5–7,7 км. Инерционный двигатель бесшумен и не загрязняет атмосферу. Супермаховик массой 100 кг при скорости вращения 30 тысяч оборотов в минуту запасает энергию для пробега легкового автомобиля на 160 км.

Пассажирские конвейеры (движущиеся тротуары) начали применяться с 50-х годов нашего века. Это вспомогательный транспорт для перемещения пассажиров на короткие расстояния в местах массового скопления людей: на переходах под улицами и площадями, в метро, аэропортах, на вокзалах, на заводах, в крупных магазинах, парках, на выставках и т.п. По конструкции — это ленточные, пластинчатые, тележечные конвейеры с различными приводами, а также системы с открытыми и закрытыми сиденьями. Пассажирские конвейеры довольно дорогие как в устройстве, так и в эксплуатации.

Инженер и предприниматель Элон Маск представил концепцию собственного видения транспорта будущего (рис 10.11). Свое повествование Элон Маск начинает с описания разочарования, с которым столкнулся, когда узнал об утверждении системы высокоскоростных поездов в Калифорнии. Он искренне удивлен тем, как в одном из самых высокотехнологичных штатов появился проект железной дороги, которая обладает очень высокой удельной стоимостью километра, но обеспечивает одну из самых низких скоростей в мире. При этом известный инвестор поддерживают идею создания скоростного поезда. По его мнению, этот вид транспорта может быть успешным только в том случае, если он будет лучше самолета и автомобиля. Однако в эксплуатации поезд дороже крылатой машины и при этом существенно медленнее. К тому же Маск подчеркивает, что железнодорожное сообщение в среднем на два порядка опаснее воздушного. Он считает, что при солидных инвестициях можно создать принципиально новый вид транспорта. К его достоинствам будут относиться безопасность, скорость, доступность, удобство, всепогодность, самодостаточность в плане энергообеспечения, устойчивость к землетрясениям и даже то, что оно не создает помех другим участникам движения.

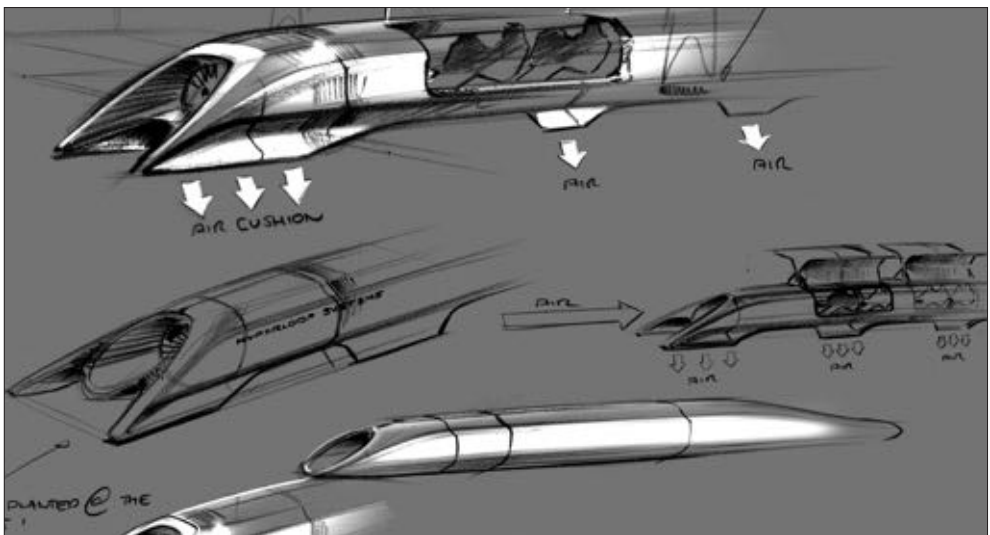


Рисунок 10.11. Эскиз Hyperloop

По словам Маска, Hyperloop станет пятым основным видом транспорта дополнительно к поездам, самолетам, автомобилям и кораблям. Он видит данное изобретение в качестве идеального перевозчика между городами на расстояния до 1500 километров. При более длительных путешествиях свою выгоду демонстрируют сверхзвуковые самолеты. Воздушному судну необходимо время на взлет и посадку, к тому же для достижения высоких скоростей ему требуется подняться достаточно высоко, чтобы войти в зону разреженного воздуха — там сопротивление среды начинает падать в геометрической прогрессии. Дополнительно к этому для самолетов не требуется создание сложной дорогостоящей инфраструктуры: аэропорты уже есть по всему миру. Но при снижении дальности до 1500 км сверхзвуковые перелеты по воздуху становятся бессмысленными: слишком мало времени удастся поддерживать крейсерскую скорость. Именно в этой сфере и удастся применить Hyperloop.

Идеальным транспортом является телепортация. Но пока ее никто не смог осуществить в требуемом масштабе, остается надеяться на Hyperloop. В основе новой системы — большая труба, проложенная над землей или под ней. Одним из прототипов этой технологии является старая пневматическая служба обмена письмами и небольшими посылками между соседними зданиями. Для перевозки людей можно задействовать большие вентиляторы, однако даже переезд из Сан-Франциско в Лос-Анджелес на расстояние 560 километров стал бы невозможным из-за гигантских сил трения и сопротивления воздуха.

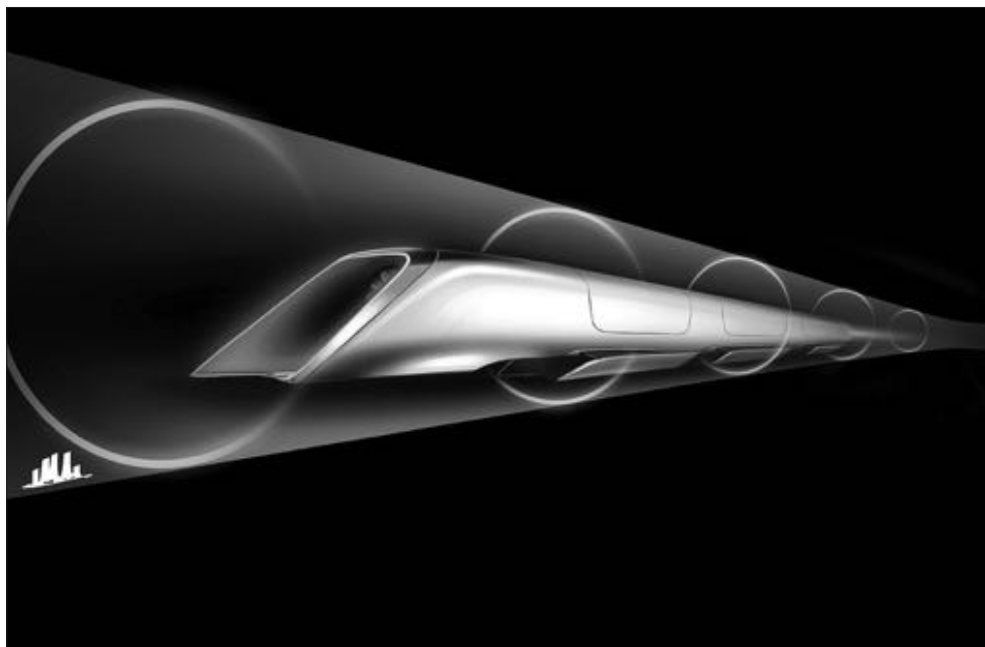


Рисунок 10.12. Hyperloop в вакуумной трубе

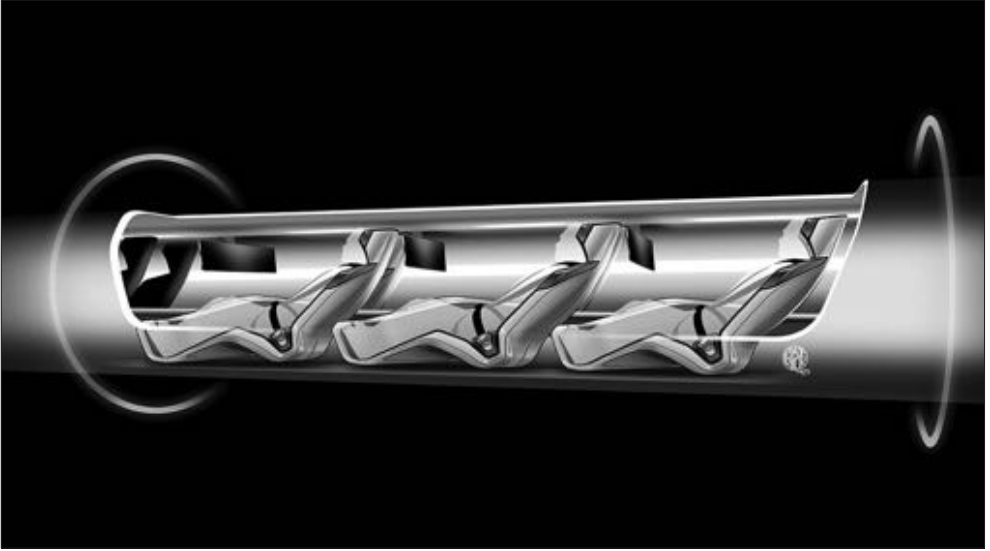


Рисунок 10.13. Расположение пассажиров в капсуле Hyperloop

Другой вариант — создание в трубе вакуума или очень близкого к нему состояния, а также использование магнитной подушки. Этот концепт предполагал примерно такую же технологию. Но поддержание очень низкого давления выльется в огромные затраты энергии, к тому же сотни стыков и станции вряд ли вообще позволят добиться требуемого состояния. Дополнительно к этому Элон

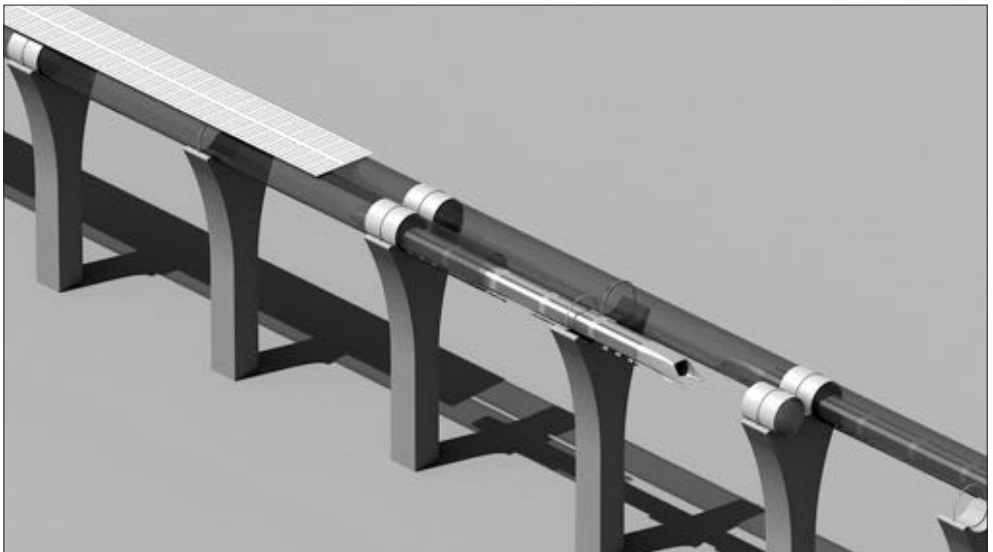


Рисунок 10.14. 3D визуализация Hyperloop

Маск упоминается так называемый лимит Кантровица: невозможно бесконечно приближать диаметр капсулы к внутреннему диаметру трубопровода, ведь в конечном счете капсула станет поршнем, толкающим воздух, что исключит возможность таких путешествий. У всех перечисленных проблем есть одно решение. Предприимчивый американец предлагает использовать принцип насоса: в носовой части каждой закрытой кабины необходимо установить мощный вентилятор, который бы перекачивал воздух в хвостовую часть. Вместе с набором скорости это позволило бы обеспечить транспорт воздушной подушкой: на скорости около 1100 км/ч колеса уже не смогут поддержать требуемой эффективности и надежности.

Следом возникает еще один вопрос: откуда взять необходимую для вращения вентиляторов энергию? Вернее, где ее хранить при жестких ограничениях размеров и массы капсул? Элон Маск уже все продумал: потребуется установка асинхронного линейного электродвигателя. Такой используется в поездах Московской монорельсовой транспортной системы. Общая протяженность линейного двигателя должна составить примерно 1% от длины трубопровода. При этом он будет доразгонять капсулу через каждые 110 километров. Что же насчет полного энергетического самообеспечения? Если покрыть трубу фотоэлементами, то вырабатываемой мощности с лихвой хватит даже для того, чтобы обеспечить эксплуатацию состава ночью и в пасмурную погоду. Энергию солнечных батарей можно запасать в аккумуляторах или пневматических баллонах. Во втором случае пущенный в трубу воздух будет толкать поезд в обратном направлении, что позволит включить «заднюю» скорость вентилятора, который станет работать в режиме генератора. Мощность компрессора составляет примерно 436 лошадиных сил.

В дополнение к теоретической части Элон Маск описал пример конкретной реализации Hyperloop на примере перегона Лос-Анджелес — Сан-Франциско. В такой системе можно использовать 28-местные герметичные капсулы, которые отходили бы от станции каждые две минуты, а в часы пик их частоту можно повысить и вовсе до одного раза в 30 секунд. В перспективе можно создать даже грузовые отсеки, в которые уместятся три легковых автомобиля с пассажирами. Расстояние между двумя соседними капсулами в трубе должно составлять примерно 37 километров. Общее время в пути — 35 минут. Для сравнения: путешествие на самолете займет 1 час 15 минут, на новом скоростном поезде — 2 часа 38 минут, на автомобиле — 5 часов 30 минут. Опоры трубопровода предполагается устанавливать на расстоянии 30 метров друг от друга. Основным материалом трубы станет металл, отдельные секции которого необходимо сваривать. Пути будут проложены в обоих направлениях. Расчетная максимальная скорость капсулы составит 1220 км/ч при ограничении максимального ускорения на уровне 1 g для комфорта пассажиров. При заполнении каждого пассажирского

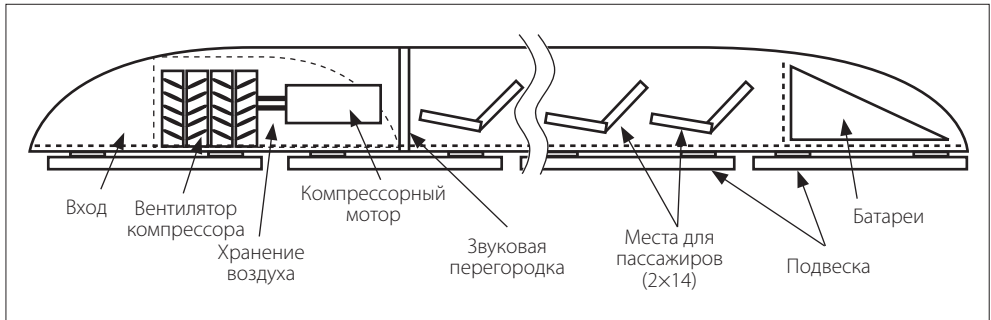


Рисунок 10.15. Капсула Hyperloop

отсека за 30 секунд при максимально плотном потоке за год можно перевезти до 7,4 миллиона человек в каждую сторону.

Настало время рассказать о самом щепетильном моменте — стоимости. Для начала озвучим цену новой Калифорнийской скоростной железной дороги — \$68,4 миллиарда долларов. По расчетам, создание сети Hyperloop между Лос-Анджелесом и Сан-Франциско обойдется разработчикам менее чем в 10% от этой суммы, то есть около \$6 миллиардов. Из чего складывается цена? До 70% затрат уйдет на создание самого трубопровода, причем без учета линейных асинхронных моторов и солнечных батарей. Каждая капсула будет стоить примерно \$1,35 миллиона, чтобы покрыть расстояние между двумя городами штата Калифорния, их потребуется 40 штук. При этом билет в один конец обойдется пассажиру всего в \$20. Таким образом, Hyperloop должен стать самым доступным, но при этом самым быстрым средством транспорта. Если говорить о грузовых капсулах, то для их эксплуатации придется увеличить диаметр трубы. Бюджет тоже разрастется — до \$10 миллиардов. При таких расчетах на трубопровод будет потрачено \$5,31 миллиарда вместо \$4,06 миллиарда.

По всему получается, что Элон Маск полностью уверен в концепции Hyperloop. Звезды так сложились, что инвесторы доверяют этому человеку: сегодня капитализация Tesla Motors хоть уже и не на рекордной высоте, но все же очень велика для небольшой молодой компании. Однако сам Маск не желает реализовывать перспективную идею. По его словам, сейчас он слишком занят в Tesla Motors и Space X. Но если бы постройка Hyperloop стала приоритетным проектом Элона, он смог бы реализовать его за несколько лет. Если за инновационный транспорт возьмется другой крупный инвестор, он сможет запустить его в коммерческую эксплуатацию через три-четыре года.

В статье А. Клячко «Лазерная левитация» (Изобретатель и рационализатор. 1979. № 2) рассказывается об исследованиях новых приложений лазеров, в том числе «лазерного транспорта», в котором используется принцип отталкивания тел от

поверхности воды паром, возникающим в тонком верхнем слое под воздействием лазерного луча. В первых опытах с неодимовым лазером использовался принцип светопаровой подушки. Затем перешли к низкотемпературной плазме. Для этого сфокусировали луч, повысили температуру в месте воздействия светового луча, и в этом случае после вспышки лазера образовался уже не пар, а столб раскаленного ионизированного газа — световой факел. В результате удалось существенно увеличить давление на дно тела. Поддерживающее усилие увеличивалось также благодаря выбросу султанов воды с поверхности.

По мнению исследователей, может быть создан транспорт на светопаровой подушке. Кроме того, используя эти принципы, можно решить задачу мягкой посадки на воду или, наоборот, старта с поверхности воды.

Ставшие уже привычными нам корабли на подводных крыльях имеют ограничения по скорости. Возрастающие сопротивления приводят к неустойчивому режиму работы подводных крыльев. Оказалось, что гораздо эффективнее, чем неподвижные крылья, особенно при высоких скоростях, работают вращающиеся винты.

К идее заменить в кораблях подводные крылья четырьмя вращающимися винтами пришел А.С. Бакшинов. В апреле 1961 г. он подал заявку на изобретение. Эксперты, признавая новизну предложения, пришли к выводу, что энергооборуженность судна должна быть близкой к вертолетной, поэтому, по их мнению, диаметр, а значит, и масса винтов станут очень большими, и они заключили, что такой аппарат создан быть не может.

На самом деле величина силы сопротивления движению вращающихся в воде пропеллеров гораздо меньше, чем у неподвижных жестких крыльев. Вращающиеся лопасти, создавая подъемную силу, не только удерживают аппарат, но и сообщают ему поступательное движение. В 1971 г. гидролет Бакшинова получил положительную оценку.

Группа ученых в США пришла к выводу, что на основе передачи энергии с помощью микроволн и света могут быть построены самолеты и дирижабли, имеющие малую скорость, перемещающиеся на высоте порядка 21 000 м. Они могут быть использованы в качестве авиалайнеров, коммуникационных платформ для теле- и радиовещания, станций наблюдения за лесными пожарами, промежуточных усилителей мощности спутников связи.

Инженер из Драйденовского летно-исследовательского центра Дейл Рид предложил построить и запустить на высоту 3000 м планер, приводимый в действие с помощью микроволн. С этой целью потребуется разместить под крыльями специальные антенны (ректенны), которые смогут эффективно преобразовывать микроволны в электрический ток для привода воздушного винта. Предлагается для передачи энергии использовать микроволновой пучок от 26-метровой Гольдстоновской антенны (Северная Калифорния). Целью

экспериментов с планером является создание платформы для наблюдения за погодой и для связи.

В более отдаленном будущем Д. Рид предполагает использовать энергию микроволн для питания авиалайнеров типа «Боинг-707». Однако для этого потребуется сооружение микроволновых антенн с интервалами порядка 15 км на всем пути полета.

Эволюция не обошла традиционные транспортные средства. В 1981 г. в Японии был спущен на воду танкер под парусами (рис. 10.16), в которых воплощены последние достижения науки и техники. Они выполнены из стального листа, управляются с помощью радиоэлектроники и вычислительной техники. ЭВМ, например, рассчитывает силу и направление ветра, в зависимости от чего управляет парусным оснащением, ориентирует плоскости парусов, автоматически изменяет их площадь или убирает их, держит курс, осуществляет связь с маяками и спутниками. Такая конструкция не только экономит энергию и топливо, снижает шум, уменьшает выбросы газов и дыма, но и повышает безопасность движения и дает возможность сократить экипаж до нескольких техников.

Проявление нового в старом наблюдается и в дирижаблестроении. Однако речь пойдет не о применении новых материалов или создании гибридных конструкций, сочетающих принцип аэростатического корабля с вертолетными винтами или самолетными крыльями. Существуют и более экзотические проекты. К ним относится концепция «солнечного дирижабля», который приводится в движение энергией Солнца. Такие дирижабли предъявляют определенные требования: небо должно быть безоблачным, необходимо отсутствие сильных ветров, эксплуатироваться они должны на высоте, не превышающей 1000 м над уровнем моря. На земном шаре имеется немало зон, где такие дирижабли с успехом могут быть использованы, например ряд областей Австралии, Южной Африки, центральных районов Южной Америки; есть такие зоны и в странах СНГ.

Поверхность «солнечного дирижабля» покрывается элементами, преобразующими энергию Солнца в электрическую. Эта энергия подается к электродвигателям постоянного тока, которые вращают воздушные винты. Как показали исследования, масса солнечных батарей на кремниевой основе составляет одну

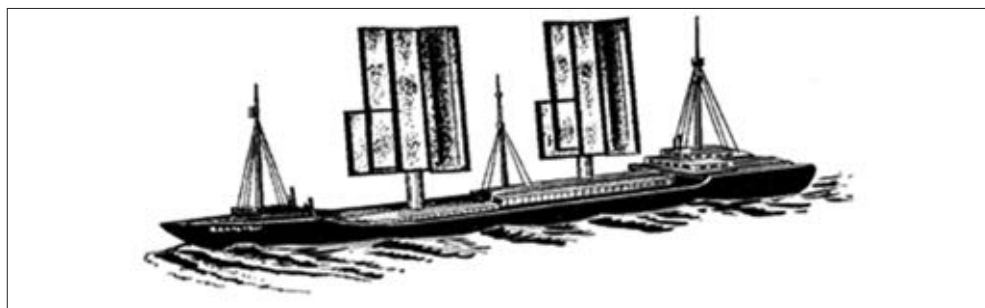


Рисунок 10.16. Танкер со стальными парусами, управляемыми ЭВМ

треть общей массы дирижабля нежесткой конструкции. Оптимальная форма дирижабля — вытянутый эллипсоид. Изменение его формы с целью увеличения площади поверхности и повышения количества поглощаемой солнечной энергии неоправданно из-за ухудшения аэродинамических характеристик. При современном 12%-ном КПД можно обеспечить дирижаблю шестичасовой режим работы со скоростью 100 км/ч, а в некоторых случаях десятичасовой режим работы с такой же скоростью как летом, так и зимой. Это объясняется очень маленькой разницей между максимальным уровнем солнечного излучения в летний период и минимальным его уровнем в зимнее время во многих районах Земли. Если же предусмотреть на дирижабле аккумуляторы энергии для стабилизации питания электроэнергией силовых установок вне зависимости от изменения в течение дня интенсивности солнечного излучения, использование топливных элементов или других способов получения дополнительной электроэнергии, то сфера применения солнечных дирижаблей может быть существенно расширена.

Следовательно, даже при современном уровне техники проект дирижабля, использующего энергию Солнца, оказывается вполне реальным и перспективным для применения в достаточно широких географических пределах.

Перечень экзотических или уже хорошо знакомых проектов предполагаемых будущих транспортных средств весьма велик, и его можно еще продолжить. Однако большинство из них способно решать важные, но частные задачи. Например, выполнять рейсы в определенной географической зоне (солнечные дирижабли) или перемещать тяжелый и крупногабаритный груз из одного места в другое, как это делает 750-тонная платформа на воздушной подушке, построенная в 1974 г. для арабского эмирата Абу-Даби. Ее энергетическая установка используется для создания воздушной подушки, перемещают платформу по воде буксирные суда, а после выхода на землю — тракторы. Платформа применяется для рейдовой разгрузки, в частности она была использована для доставки с морских судов на берег оборудования для сжижения природного газа. За каждый рейс платформа, двигаясь со скоростью от 5,5 до 13,5 км/ч (в зависимости от волн на водной поверхности), перевозила 250 т груза. Удельные энергетические затраты при этом составили всего 1,75 МВт/кг.

Когда речь идет о массовых перевозках на большие расстояния, определяющими критериями являются скорость и экономичность. Что следует иметь в виду в первую очередь при создании транспортных средств, удовлетворяющих этим критериям? В таких транспортных средствах никаких колес или других механических устройств, ограничивающих скорость движения, быть не должно. В этом случае ограничителем скорости движения будет сопротивление воздуха. Для устранения этого препятствия авторы ряда проектов стремятся либо поместить транспортные средства в трубу, в которой создан вакуум, либо уйти в верхние слои атмосферы, в зону разреженного воздуха.

Еще в 1955 г. перед профессором Кекойя Одзава, деканом факультета науки и техники университета Мейджо (провинция Нагоя), была поставлена задача — создать сверхзвуковой наземный транспорт. Прежде чем выбрать окончательный вариант, он и возглавляемая им группа провели около 20 испытаний различных моделей в 1/60 и 1/20 натуральной величины. В результате был выбран вариант поезда длиной 220 м и диаметром 5 м, который имел следующие отсеки (рис. 10.17): носовой 1 с кабиной водителя 2, грузовой 3, пассажирские салоны 4 и 6, машинный 5, отсек для автомобилей 7, устройство для воздушного торможения 8. Поезд вмещает 1000 пассажиров и 100 т груза. Поезд перемещается по роликам 9, установленным на эстакаде, которые охватывают его сверху, снизу и по бокам. Вдоль пути имеются еще опорные ролики. Поезд приводится в действие четырьмя турбореактивными двигателями с тягой по 98 кН каждый.

В 1968 г. модель поезда развила скорость 1140 км/ч, а в 1969 г. в герметичном туннеле, в котором был создан вакуум, — 2300 км/ч. В 1970 г. модель сверхзвукового поезда апробировали подопытные животные, самочувствие которых было отличным. Специалисты считали, что в самое ближайшее время транспортная система профессора Одзавы пойдет в эксплуатацию.

Однако у этого поезда не было будущего. Прежде всего он не был прогрессивным по критерию экономичности. Длительной работы при сверхзвуковых скоростях колесо выдержать не может. Поэтому в данном проекте оно работает в роликах при кратковременном, по крайне невыгодном режиме, так как ролики, будучи до этого неподвижными, в момент контакта с поездом начинают вращаться. Система установки роликов вдоль всего пути сложна и неэкономична. Кроме того, обеспечить плавный вход корпуса поезда, несущегося со сверхзвуковой скоростью, в отстоящие друг от друга закрепленные на эстакаде E-образные устройства, несущие ролики, или вписаться в поворот дороги — задача далеко

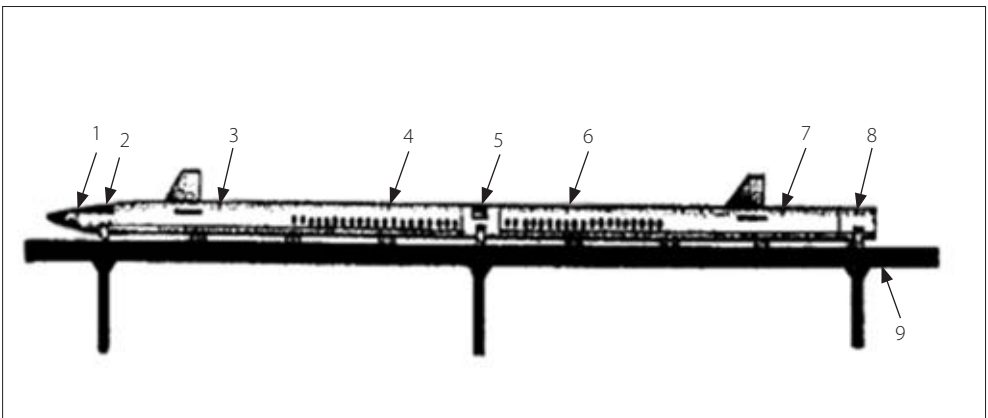


Рисунок 10.17. Проект высокоскоростного поезда с турбореактивными двигателями

не простая. Сам принцип механического взаимодействия роликов и поезда при сверхзвуковых скоростях не прогрессивен.

В проекте «Подземного спутника» Г. Котлова и Ю. Федорова предлагается выкопать туннель и откачать из него воздух, причем подземная трасса туннеля должна по форме соответствовать орбите искусственного спутника Земли. По этому туннелю подземный спутник будет летать со скоростью 8 км/с. Чтобы избежать смещения туннеля с орбиты спутника-вагона в результате суточного вращения Земли, трасса туннеля должна быть круговой и лежать в плоскости экватора или придется создавать непрерывный туннель, многократно проходящий через полюсы, — на карте Земли он будет изображен в виде синусоиды. В этом случае трасса свяжет все точки земного шара.

Энергию торможения одного спутника авторы проекта предлагают использовать для разгона другого спутника. С этой целью спутник-вагон входит в соленоид и в процессе торможения генерирует в нем ток, который тут же используется для разгона следующего спутника. Передав ему всю энергию, первый спутник останавливается и отводится с трассы, а его место занимает другой. Пропускная система дороги определяется в конечном итоге принятыми перегрузками, от которых зависят длина участка торможения и его время.

Расчеты предусматривают четырехкратную перегрузку. В этом случае спутник-вагон, пройдя 130 км, затормозится за 7 минут. Однако такие перегрузки способны выдержать только подготовленные люди, да и то, если они займут определенное, фиксированное положение в кресле. Разгуливать по вагону при таких перегрузках не придется.

Предельная величина экстренного торможения в обычных поездах $1,5 \text{ м/с}^2$. При таком замедлении человек еще может передвигаться по вагону, а посуда не слетает со столов. При обычном же эксплуатационном торможении она не должна превышать $1,2 \text{ м/с}^2$. При четырехкратных же перегрузках величина замедления достигает 40 м/с^2 .

Имеются проекты, в которых предусматривается решение сразу нескольких проблем. Проект В. Раздумина основан на сочетании двух явлений, которые имеют место при сверхнизких температурах: сверхтекучести и сверхпроводимости. Автор проекта полагает, что в будущем будут созданы гигантские трубы-кабели, передающие энергию с помощью сверхпроводников. По корпусу трубы, заполненной для охлаждения жидким гелием, пойдет ток, а внутри будут находиться транспортные гондолы. В сверхтекучем гелии нет трения. Поэтому эти гондолы будут способны развить огромную скорость.

В одном из проектов, носящем название «Планетран», поезд на магнитной подвеске движется по трубопроводу с очень разреженной атмосферой. Тяговое усилие создается за счет перепада давления по обеим сторонам поезда. Трубопровод, внутри которого движется поезд, по всей длине разделен на шлюзовые камеры. Между предыдущей и последующей шлюзовыми камерами поддерживается

определенный перепад давлений. Чем дальше от начала движения расположена камера, тем ниже в ней давление. Например, в пятидесятой шлюзовой камере давление будет составлять 98 Па, что соответствует давлению земной атмосферы на высоте 50 000 м. Это весьма малое давление устанавливается на всей оставшейся длине трубы, и поезд, разогнавшись, несется с огромной скоростью. Когда поезд из конечного пункта начинает двигаться обратно, выполняется такое же шлюзование, но уже в обратном направлении.

Ускорение при разгоне ограничивается комфортными условиями для пассажиров. Максимально допустимое ускорение принималось равным 1 g. Это немало, так как при таком ускорении вес пассажира удваивается. В этом случае, по расчетам авторов проекта, за 10 минут поезд разгоняется до 22 500 км/ч. Естественно, что при таких скоростях поезд может быть использован для эксплуатации на большие расстояния. Создатели «Планетрана» предполагают применить его для маршрута между Нью-Йорком и Лос-Анджелесом протяженностью 3950 км. С учетом замедления движения время поездки на этом участке составит 31 мин 30 с при средней скорости 8350 км/ч.

Сооружение такой дороги — очень сложная инженерная задача. Непросто организовать разгон и торможение поезда. Однако самые большие трудности как технического, так и экономического характера заключаются в сооружении герметичного трубопровода большого диаметра и огромной протяженности. Конечно, можно говорить о том, что по мере развития трубопроводного транспорта совершенствуется технология изготовления и укладки трубопроводов большого диаметра, что уже появились первые пневмоконтейнерные дороги. Однако сооружение трубопроводного транспорта с бесколесными поездами, движущимися с космическими скоростями, в настоящее время представляется делом теоретически возможным, но далеким от практического воплощения.

Любой новый вид транспорта не может существовать изолированно от других транспортных средств. При проектировании необходимо сопоставлять его скорость со скоростями других видов транспорта, более того — с темпом жизни. Ситуация, когда пассажиры авиалайнеров вынуждены добираться от аэродрома домой на телеге, абсурдна. Однако даже с учетом становящегося все более стремительным темпа жизни и роста скоростей транспортных средств, вызванных научно-технической революцией, вряд ли можно предположить, что через несколько десятилетий они будут соответствовать скоростям трубопроводных поездов. Кроме того, безусловный недостаток трубопроводных поездов состоит в том, что они не только не используют окружающую среду, а наоборот, находятся в постоянном противодействии с ней: они должны быть надежно защищены от окружающей атмосферы герметичным трубопроводом; огромные скорости поездов требуют исключительной стабильности и центровки трубопроводной дороги, для чего, учитывая большую протяженность

трассы, придется преодолевать грандиозные трудности, связанные с геологической структурой, сейсмическими воздействиями и др.

По этим же причинам не выдерживают критики проекты гравитационных поездов, трассы которых должны проходить на огромных глубинах, пронзая земной шар по хорде.

На пути суперпоездов встают такие проблемы, которые резко взвинчивают экономические затраты и ставят под сомнение их целесообразность: критерий экономичности заявляет о себе в полный голос. Кроме того, конечные размеры Земли ограничивают беспредельное увеличение скорости транспортных средств. В то же время надо иметь в виду, что в будущем транспорту придется перевозить на большие расстояния и с высокой скоростью все увеличивающееся количество пассажиров.

Теперь рассмотрим проекты, в которых сопротивление воздуха в значительной мере устраняется высотой. Мы уже говорили о том, что такому стремлению ввысь препятствуют, с одной стороны, малое количество воздуха на больших высотах, в результате чего реактивные двигатели начинают «задыхаться», а использование ракетных двигателей обходится очень дорого, с другой — слой озона, защищающий жизнь на нашей планете от губительного излучения Солнца. Уменьшение сопротивления воздуха имеет своей конечной целью повышение экономичности авиационных транспортных средств в результате снижения энергетических затрат и расхода топлива.

В прессе (За рубежом. 1982. № 36 (1157)) было опубликовано сообщение об авиационной релейной системе Х. Смита из Пенсильванского университета (США). Авиалайнер, выполненный в виде огромного летающего крыла (рис. 10.18), вмещающий до четырех тысяч пассажиров, стационарно находится в воздухе. Крыло состоит из нескольких модулей.

Каждый модуль — это самолет, способный совершать независимые полеты.

Для доставки пассажиров, грузов, дозаправки топливом используются относительно небольшие вспомогательные самолеты, выполняющие челночные рейсы. По мнению автора проекта, конструкция позволяет добиться ламинарного обтекания крыла, снижения его лобового сопротивления и веса. Реализация проекта сократит потребление топлива на авиалиниях на 87%, будет способствовать разгрузке

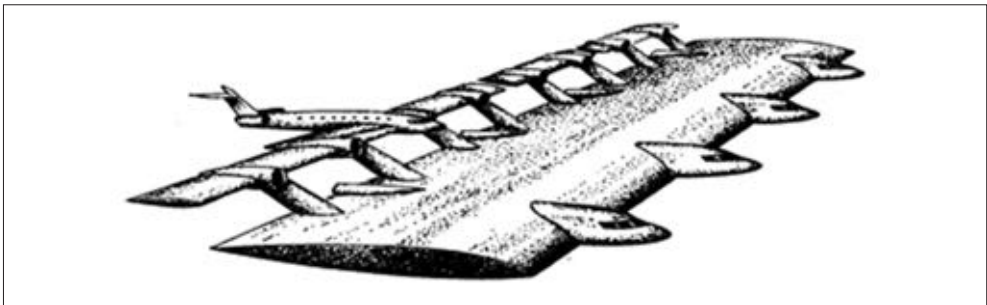


Рисунок 10.18 — Авиалайнер в виде летающего крыла

аэропортов, поскольку челночные полеты вспомогательных самолетов должны осуществляться с небольших аэродромов, и в результате эксплуатационные расходы снизятся на 35%.

Проекты, предусматривающие эксплуатацию огромных летающих платформ, постоянно обращающихся на больших высотах вокруг земного шара или включающих в зону своего действия крупные регионы, в принципе возможны, однако потребуют не только коренной перестройки наземных служб управления и эксплуатации, но, пожалуй, и существенных изменений социальной структуры на нашей планете. Поэтому в ближайшие годы такие проекты вряд ли найдут применение.

А вот еще более глобальный проект, разработанный ленинградским инженером Юрием Арцутановым, — лифт в космос. По этому проекту вершина башни высотой примерно 35,8 тыс. км перемещается в пространстве вследствие вращения Земли и большой высоты башни со скоростью около 3 км/с (скорость искусственного спутника Земли). На этой высоте проходит геостационарная орбита, на которой спутник совершает один оборот вокруг Земли за 24 часа, т.е. в этом случае он висит над какой-либо точкой планеты. На вершине башни центробежная сила Земли уравнивает вес доставленного туда тела. Если столкнуть тело с такой башни, то оно станет спутником Земли. На эту высоту надо доставить космический корабль, а для запуска его на орбиту использовать вращение Земли. Вместо башни можно использовать спутник с геостационарной орбитой, зависший над определенной точкой поверхности планеты.

В чем же преимущества космического лифта? При запусках на орбиту спутников с помощью ракет также используются центробежные силы нашей планеты — траектория движения ракетного космического корабля выбирается с учетом вращения Земли. Главное достоинство космического лифта в том, что для подъема объекта в космос и вывода его на геостационарную орбиту можно использовать электрическую энергию, подводимую по кабелю, проложенному вдоль лифта. Отпадает необходимость иметь на борту космического корабля ракетный двигатель с запасами топлива. А ведь топливо составляет основную массу современной ракеты.

Возникает вопрос: возможно ли построить такой лифт в космос практически? Выдержит ли он напряжения, создаваемые собственным весом? Пока таких сверхпрочных материалов нет. Тем не менее теоретически они могут быть получены. Идея космического лифта ставит перед специалистами интересные и сложные проблемы. Есть предложения осуществить аэростатическую разгрузку космического лифта с помощью воздушных шаров, поддерживающих конструкцию лифта по всей его высоте, или создавать подъемную силу внутри лифта. В последнем случае сечение лифта должно быть увеличено, и транспортные кабины можно будет перемещать не снаружи лифта, а внутри него. Что касается ветровых нагрузок, то и они могут быть использованы для получения энергии и стабилизации самого лифта.

Г.И. Покровский предложил запускать космические аппараты, используя центробежные силы астероида, раскрученного вокруг собственной оси до большой скорости. А известный английский ученый и писатель А. Кларк решил для этой цели применять вращающиеся вокруг своего центра галактики.

Из обсерватории Джодрелл-Бэнк поступило сообщение о том, что английский радиоастроном П. Берг представил экспериментальные доказательства вращения Вселенной. Это позволяет надеяться, что проекты, в которых используются центробежные силы для запуска космических объектов, не иссякнут.

В настоящее время проблему перевозок большого количества людей с высокой скоростью стараются решить с помощью аэробусов. Однако их широкое применение вызывает сложные проблемы, связанные с необходимостью в короткое время перевозить из аэропорта в город большие массы людей и размещать крупные аэропорты далеко от города.

Достоинства авиационного транспорта состоят в его способности достичь любой точки земного шара — воздушный океан окружает нас повсюду. Аэробусы, безусловно, способствуют решению проблемы массовых пассажирских перевозок на большие расстояния, однако, оставаясь традиционным авиационным транспортом, они очень дороги в эксплуатации. Возникает идея использовать для этой цели другую среду — водную. Океаны и моря покрывают примерно 4/5 поверхности земного шара. Издавна моря соединяли континенты, водные просторы использовались мореплавателями для дальних путешествий. И теперь они должны помочь людям в пассажирских и транспортных перевозках, но на новой технической основе и с гораздо большими, чем в прошлом, скоростями. Новый виток спирали эволюции требует качественно новых решений, однако перспективным окажется лишь то решение, в котором будут воплощены в комплексе последние достижения ведущих направлений науки и техники. Это требование отвечает диалектике развития транспорта.

Важной задачей является повышение скорости движения на водном транспорте. Обычные (водоизмещающие) суда тихоходны потому, что у них с ростом скорости быстро возрастает необходимая для движения мощность, которая может оказаться пропорциональной скорости в третьей, четвертой и даже большей степени. Как повысить скорость водного транспорта?

При проектировании глиссирующих судов, кораблей на подводных крыльях и воздушной подушке идут по пути вынесения корпуса корабля из водной среды в воздушную (плотность воздуха почти в 800 раз меньше плотности воды). Но есть еще один путь — использование эффекта экрана, как в монорельсовых поездах на воздушной подушке, только экраном здесь служит водная поверхность.

Еще в 20-е годы авиаторы познакомились с «эффектом влияния Земли» (эффектом экрана). Тяжелые самолеты либо упрямо шли над Землей, не желая садиться, либо

неожиданно устремлялись вверх, обретая дополнительную подъемную силу. Английский самолет «Тэрэнт Триплэйн» разбился при взлете, моноплан «Суоллоу» едва остановили посадочными щитками. Как только с увеличением высоты эффект экрана исчезал, аэродинамическое качество крыла падало, мощности двигателей не хватало для полета, и самолет прямо по курсу совершал аварийную посадку.

Низколетящий экраноплан способен взять на борт груз, намного больший, чем самолет такой же массы. Следовательно, либо экраноплан должен иметь несущие крылья, либо сам его корпус должен быть выполнен в виде «летающего крыла». Чем меньше высота воздушной подушки, чем ближе аппарат к поверхности воды, тем сильнее проявляется эффект экрана, тем больше подъемная сила. В результате экраноплан затрачивает на создание подъемной силы гораздо меньше энергии, чем самолет, оторванный от поверхности Земли. Экранопланы обладают высоким аэродинамическим качеством — отношением подъемной силы к сопротивлению: оно по меньшей мере в два раза больше, чем у кораблей на подводных крыльях или воздушной подушке. С увеличением скорости и размеров экранопланов их эффективность увеличивается. Парящий над водой аппарат обладает плавучестью, взлетает с поверхности воды и после завершения полета садится на воду.

Имеются проекты экранопланов массой свыше 1000 т и скоростью движения порядка 700 км/ч. Однако в этих проектах остается еще много нерешенных проблем, что делает их пока нереальными.

Г.Г. Зелькиным был предложен проект экраноплана, принципиально отличающийся от существующих, в котором преодолена проблема требуемой очень большой стартовой мощности. Он является логическим продолжением крылатого реактивного монорельсового поезда на воздушной подушке. По этому проекту (рис. 10.19) экраноплан 1 разгоняется по рельсовому пути 2, опираясь на воздушную подушку. В зависимости от его массы и габаритов можно иметь не одну, а две или несколько опорных рельсовых балок (на рисунке их две).

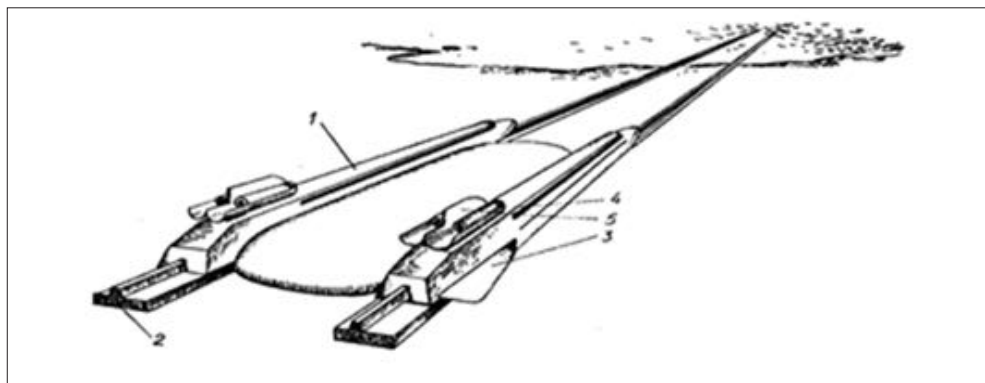


Рисунок 10.19. Экраноплан, предложенный Г.Г. Зелькиным

Для создания равномерной подъемной силы в зависимости от распределения массы экраноплана крылья 3 имеют переменную площадь. В качестве тяговых можно применять двигатели с тянущими или толкающими винтами либо реактивные двигатели 4. В случае использования реактивных двигателей с высокой скоростью реактивной струи, так же, как и в крылатом реактивном поезде на воздушной подушке, их целесообразно разместить в желобах 5, чтобы струя реактивного двигателя создавала дополнительную подъемную силу. Разогнавшись, экраноплан соскальзывает с рельсовых балок и продолжает полет над водной поверхностью.

Крейсерская скорость экраноплана будет составлять 500–700 км/ч. Дальнейший рост скорости связан со значительным увеличением мощности, необходимой для преодоления сопротивления воздуха. Запас скорости позволяет увеличивать высоту воздушной подушки, создаваемой динамическим напором, что в свою очередь дает возможность эксплуатировать аппарат при волнении на море. По условиям безопасности волны не должны ударять о днище экраноплана, и высокие скорости позволяют ему уйти из района разыгравшейся стихии. Более того, время выхода из порта можно согласовывать с информацией о погоде на трассе, передаваемой навигационными спутниками Земли.

Высокие скорости экраноплана позволяют создать значительное давление в воздушной подушке. Так как его подъемная сила определяется произведением давления в воздушной подушке на площадь экрана в плане, то его грузоподъемность будет измеряться десятками и даже сотнями тысяч тонн, причем с увеличением размеров экраноплана удельная мощность его силовой установки будет уменьшаться.

В проекте рассматриваются различные способы формирования воздушной подушки относительно направляющих рельсовых балок на участке разгона в зависимости от размеров экраноплана и выбранной конструкции. Для ее создания могут быть использованы как отдельно, так и в комплексе вентиляторные установки экраноплана, стационарные компрессорные станции и баллоны со сжатым до высокого давления воздухом, который будет поступать в скользящее шасси, а также динамический напор. В зависимости от скорости полета предусмотрено автоматическое перераспределение мощности силовой установки на создание тяги и работу вентиляторов, питающих воздушную подушку. После схода с рельсового полотна и начала полета над поверхностью воды элементы скользящего шасси, охватывающие путевые рельсовые балки, убираются в корпус экраноплана, формируя необходимый профиль экрана.

Вентиляторы экраноплана используются также при посадке для создания воздушной подушки в его посадочном шасси. Если посадка осуществляется на воду, то сама посадка и начальное торможение осуществляются на воздушной подушке, а затем экраноплан превращается в водоизмещающее судно. На спокойной воде, в затоне мощности вентиляторов будет достаточно для того, чтобы экраноплан

вышел на режим зависания, опираясь на воздушную подушку. В этом случае не представит особого труда вывести его на стартовую площадку и установить на направляющих рельсах для последующего полета.

В проекте предусмотрен старт с поверхности воды в случае аварийной посадки. Для этого потребуются дополнительные стартовые ускорители для создания тяги при взлете и резервы мощности или баллоны высокого давления для образования воздушной подушки на участке разгона. Рассмотрены варианты конструкций многокорпусных экранопланов, при которых гарантировано предотвращение опрокидывания аппарата при аварийной посадке в случае волнения на море.

Описанный проект экраноплана по всем критериям прогрессивности представляется весьма перспективным и эффективным. Такой экраноплан использует достижения авиационного, морского и наземного транспорта, а также космической техники для решения проблемы перевозок большого количества людей и грузов на большие расстояния с достаточной скоростью и высокой экономической эффективностью. Вездеходы-амфибии широко применяются для перевозки пассажиров и грузов в новых необжитых районах на Севере. Они выполнены либо в виде небольших судов (лодок) с колесами, либо в виде гусеничных машин, способных плавать и передвигаться по болотам и слабым грунтам.

Комбинированные автомобильно-железнодорожные транспортные средства представлены очень большим числом опытных образцов и проектов. Это рельсовые автобусы и «гибридные» трейлеры на автомобильном и железнодорожном ходу, одинаково хорошо передвигающиеся по шоссе и железнодорожным путям.

«Автопланы», или летающие автомобили, — комбинированное средство для движения по дорогам и по воздуху. Их образцы созданы конструкторами-любителями. Автомобиль превращается в самолет и обратно за 30 минут. Процесс состоит в монтаже несущего крыла, хвостового оперенья и воздушного винта.

Имеются проекты создания подводного судна-самолета, который мог бы в любой момент времени взлететь из воды и при необходимости снова уходить под воду после полета в воздухе.

10.3. Прогноз развития транспорта

Трудно даже вообразить, сколько в настоящее время существует транспортных устройств, машин и механизмов. В телевизионной программе «Это вы можете» были рассмотрены десятки вариантов колеса. А сколько было болотоходов, снегоходов, вездеходов — колесных, гусеничных, на воздушной подушке, шагающих, прыгающих, ползающих и даже танцующих! И все это не игрушки, а реальные транспортные средства, задуманные для совершения полезной работы и выполняющие эту работу. Создано не меньше вариантов летательных аппаратов, надводных и подводных транспортных средств.

И все же каждую эпоху отличают наиболее характерные для нее виды транспорта, на которые приходится основная масса пассажирских и грузовых перевозок, определяющих транспортную политику государств.

Какие же виды транспорта следует внести в визитную карточку нашего времени? На земле — это железнодорожный и автомобильный транспорт, в последнем главную роль выполняют автобусы и большегрузные автомобили; в воздухе — реактивные авиалайнеры, а также вертолеты и самолеты сельскохозяйственной авиации; на воде — водоизмещающие пассажирские, грузовые и наливные суда с двигателями внутреннего сгорания, а также корабли-атомоходы, суда на подводных крыльях и воздушной подушке.

О подводном транспорте пока говорить не приходится, а вот подземный трубопроводный транспорт, предназначенный в первую очередь для транспортировки жидкого и газообразного топлива, следует выделить.

Это наиболее характерные для нашего времени виды транспорта. Они меняются нечасто (например, время существования водоизмещающих судов с двигателями внутреннего сгорания можно исчислить уже многими десятилетиями), но все время совершенствуются. Однако непрерывно возрастающий темп научно-технического прогресса создает предпосылки для появления новых видов транспорта в течение существенно меньших отрезков времени, чем это было в прошлом. Можно предположить, что уже в ближайшие десятилетия не только появятся, но и займут главенствующее положение такие виды транспорта, о которых мы сегодня еще только мечтаем.

Попробуем дать прогноз развития транспорта на ближайшие полстолетия, наметить его основные виды, которые будут характерны к середине XXI в. Среди наземного транспорта прочное место займут скоростные поезда на магнитной и воздушной подушке. Широкое применение в осваиваемых и труднопроходимых районах найдут аппараты на воздушной подушке. В воздухе преобладающими станут крупные реактивные самолеты, в первую очередь аэробусы, большое распространение получат дирижабли.

В морях и океанах конкуренцию авиационному транспорту составят экранопланы, расписание и движение которых будут корректироваться из космоса.

Ранее уже достаточно подробно были рассмотрены факторы, позволяющие отнести перечисленные виды транспорта к перспективным. Теперь попробуем оценить перспективность судов на подводных крыльях и воздушной подушке.

Как уже указывалось, скорость и грузоподъемность — основные критерии прогрессивности. Грузоподъемность кораблей на подводных крыльях определяется подъемной силой, создаваемой крыльями и возрастающей с увеличением площади крыльев в прямолинейной зависимости и скорости движения — в квадратичной, то увеличивать ее целесообразно за счет повышения скорости движения. Следовательно, более крупные корабли на подводных крыльях должны

обладать и большей скоростью. Однако дальнейшему росту скорости препятствует кавитация.

Кавитацией называется физическое явление, связанное с нарушением сплошности жидкости. Как только давление становится равным или несколько ниже давления насыщенных паров жидкости (в нашем случае — воды), начинает выделяться растворенный в ней воздух, и в воде образуются паровоздушные пузырьки — сплошность жидкости нарушается.

В соответствии с уравнением Бернулли давление и скорость жидкости связаны обратной зависимостью. При движении корабля наибольшая скорость и, следовательно, наименьшее давление возникают сверху подводного крыла. Рост скорости может привести к образованию пузырьков пара в этой области. Продвигаясь к задней кромке крыла, пузырьки попадают в зону более высоких давлений, где произойдет их быстрое захлопывание. Это захлопывание имеет природу гидравлического удара и сопровождается резким повышением давления и температуры, что вызывает сильное повреждение поверхности подводных крыльев. Режим кавитации сопровождается сильной вибрацией.

Кроме кавитации, на пути создания крупных кораблей на подводных крыльях стоит энергетический барьер. Увеличение размеров и массы корабля требует большей скорости, что приводит к резкому возрастанию мощности силовой установки, которая пропорциональна произведению массы корабля на его скорость. В США в начале 60-х годов прогнозировались корабли на подводных крыльях массой 1000 т. Чтобы обеспечить им скорость 120 км/ч, потребуется мощность энергетической установки от 45 до 60 тыс. кВт. Корабль массой 3000 т для достижения скорости 280 км/ч должен иметь мощность двигателей 300 тыс. кВт. Следовательно, создание суперкораблей на подводных крыльях в будущем вряд ли окажется реальным.

Теперь посмотрим, как требования к росту скорости и грузоподъемности реализуются в судах на воздушной подушке. Избыточное давление под днищем такого судна составляет 3–5 кН/м². Оно образует прогиб на водной поверхности глубиной 10 см на каждые 1 кН/м². Высота воздушной подушки определяется волнами на поверхности воды: она должна быть больше, чем высота гребня волны. Увеличение воздушной подушки приводит к большим утечкам воздуха из ее полости, возрастанию потребной на ее создание мощности. Утечки воздуха происходят по периметру. Так как подъемная сила определяется произведением давления в воздушной подушке на площадь днища, то оптимальная форма судна на воздушной подушке в плане круг, причем чем площадь круга больше, тем относительно меньше будет периметр: площадь растет пропорционально квадрату радиуса, а периметр — пропорционально первой степени его. Следовательно, чем больше размеры судна, тем при заданной высоте парения будет больше его грузоподъемность и относительно меньше энергозатраты на создание воздушной подушки.

Чтобы снизить утечки воздуха из воздушной подушки, применяют воздушные или водяные завесы, лабиринтные уплотнения, «юбки» по всему периметру из эластичного материала, касающиеся поверхности воды (или земли), жесткие ограждения по бортам — скеги. Скеги, утопленные ниже поверхности воды, хорошо удерживают воздушную подушку, однако корабль теряет качества амфибии, не может, например, выходить на пологий берег для разгрузки.

Самый крупный пока в мире французский корабль на воздушной подушке «Навиплан-500» (рис. 10.20), вмещающий 400 пассажиров и 45 легковых автомобилей, был пущен в эксплуатацию в середине 1977 г., и теперь до 50% всех пассажирских перевозок через пролив Ла-Манш осуществляется с помощью кораблей на воздушной подушке. Энерговооруженность корабля «Навиплан-500» весьма высока и составляет 50,8 кВт на 1 т массы.

С ростом размеров кораблей энерговооруженность снижается и, например, у 10 000-тонного судна может быть доведена до 25 кВт/т. Но и в этом случае двигатели должны обладать огромной мощностью, а запасы топлива для двадцатичасового рейса достигнут 30% его полной массы. Поэтому такие суда в будущем можно будет строить только в случае использования атомных источников энергии.

Экономическая эффективность кораблей на воздушной подушке скегового типа гораздо выше. Например, 5000-тонное скеговое судно может конкурировать с водоизмещающими благодаря существенно большей скорости движения, достигающей 200 км/ч. Представляют большой интерес разработки подводных средств для транспортировки жидкого топлива, а также кораблей-катамаранов или многокорпусных судов.

Безусловно, появятся транспортные средства, обладающие совсем малыми скоростями, но поражающие воображение человека сегодняшнего дня своими удивительными возможностями. Такими транспортными средствами будут оборудованы роботы, которые в будущем станут незаменимыми помощниками человека. Например, уже сегодня обсуждаются конструкции роботов, способных перемещаться по вертикальной стене и даже потолку. Завтра такие роботы станут привычными и очень полезными механизмами.

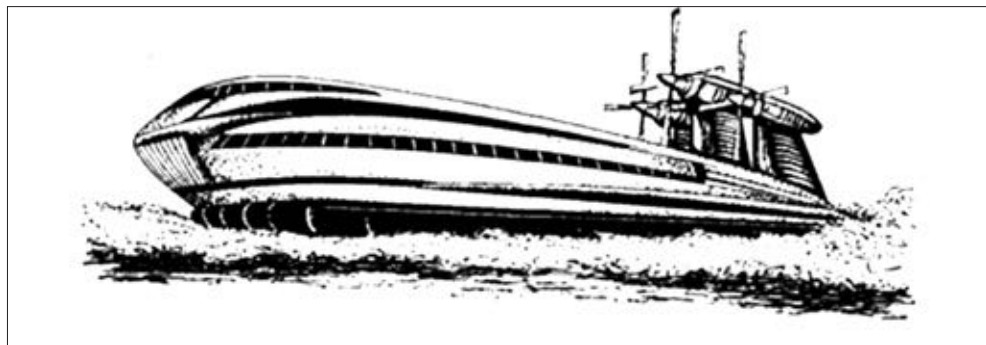


Рисунок 10.20. Корабль на воздушной подушке «Навиплан-500»

Необычные транспортные средства будут созданы и для освоения космического пространства. В атмосфере Венеры, плотность которой в 60 раз превышает плотность земной атмосферы, эффективными будут аэростатические аппараты. Зависимость температуры атмосферы Венеры от высоты можно использовать для вертикального перемещения аэростатического аппарата, так как объем его и окружающая температура, а следовательно, и величина подъемной силы (закон Архимеда действует и на Венере) могут быть в упоминаемой конструкции взаимосвязаны.

Трудно представить, что через какие-нибудь полстолетия начнутся работы по строительству космического лифта, использующего центробежные силы Земли для доставки грузов на орбиту. Но нет сомнения, что в это время человечество приблизится к решению подобных грандиозных проектов.

Крупная японская строительная компания представила амбициозный проект, по строительству космического лифта к 2050 году. Токио Обаяши Corp хочет построить космическую станцию на уровне 36 000 километров над Землей, а затем запустить туристов в кабине лифта с помощью углеродных нанотрубок шкива (рис. 10.21).

Это высоко. Очень высоко. Если поместить эту цифру в перспективе, что нужно знать, что в среднем реактивный пассажирский реактивный самолет летит на уровне 10 км, самолет Ричарда Брэнсона Virgin Galactic будет принимать туристов только до 110 км и даже Международная космическая станция находится лишь 330 км от

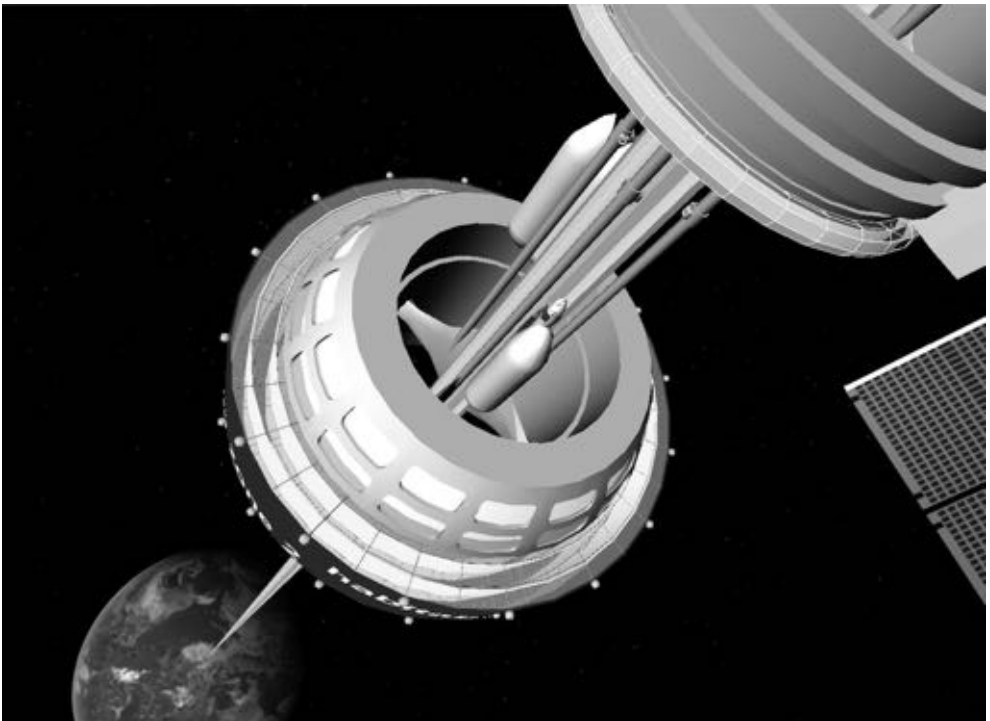


Рисунок 10.21. Космический лифт

Земли. Луна, однако, колоссальные 350 000 км. Проект научно-фантастического стиля также увидит солнечные батареи питания, подключенные к космической станции, которые могли бы отправить электричество на землю, чтобы привести в лифт. Кроме того, противовес на кабеле будет плавать 96 000 километров над Землей.

Космическая станция, по-видимому дом лабораторий и жилых помещений. Лифт автомобиль может перевозить до 30 человек на станцию, и это будет работать 200 км/ч. Для представления числа в перспективе, это часть высокоскоростного поезда, но далеко не так быстро, как Space Shuttle, которая стартовала в 28000 км/ч. Это скорость будет также означать семь с половиной однодневную поездку, чтобы добраться до станции. Это 90 в полете фильмов. Обаяши говорит, что это можно использовать магнитные линейные двигатели для движения автомобиля. Вот когда переменное магнитное поле вызывает катушку для перемещения. Обаяши является одним из крупнейших строительных наряды в Японии. Они являются основным подрядчиком по высокому в мире самонесущего башня: Tokyo Sky Tree. Но это только 634 метров высотой: 150 раз короче, чем самой высокой точке космического лифта. «На данный момент, мы не можем оценить стоимость проекта», сказал чиновник Обаяши. «Тем не менее, мы постараемся сделать устойчивый прогресс, так чтобы она не осталось как не сбываемая мечта.» (Рис. 10.22).

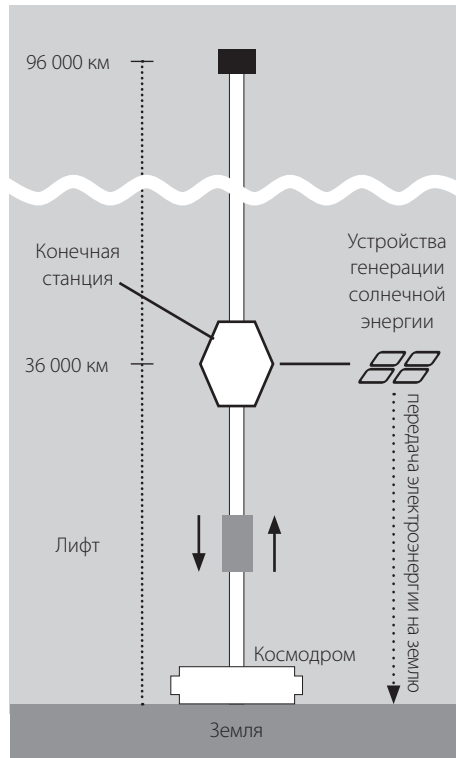


Рисунок 10.22. Концепция космического лифта

Virgin Galactic — компания, входящая в Virgin Group и планирующая организовывать туристические суборбитальные космические полёты и запуски небольших искусственных спутников. В будущем компания планирует предложить своим клиентам и орбитальные полёты. На сегодня приняты заявки более чем от 450 человек и более 150 человек внесли деньги на депозит. Сам полёт представляет собой подъём до 16-километровой отметки, затем происходит отстыковка космолёта SpaceShipTwo от самолёта-разгонщика WhiteKnightTwo, дальнейший путь он проделывает самостоятельно. Время полета — 2,5 часа, из них в невесомости — 5-6 минут. На борту космолёта может находиться до восьми человек одновременно: двое пилотов и шесть пассажиров. Стоимость одного билета сейчас составляет \$250000 (рис. 10.23).

Конечно, эти новые виды транспорта не заменят полностью существующий железнодорожный и автомобильный транспорт, водоизмещающие суда, вертолеты или мотоциклы. Они их дополнят, взяв на себя те перевозки, которые смогут выполнять более эффективно. Но и существующие виды транспорта не останутся на современном уровне, а будут модернизированы.

Научно-технический прогресс всеобъемлющ, и те успехи, которые будут достигнуты в космосе, в области радиоэлектроники, вычислительной техники, материаловедения и др., найдут применение в разрабатываемых транспортных системах. Для этого необходимо содружество специалистов разных направлений из различных стран. В этом случае никто не останется в проигрыше — когда делятся идеями, обогащаются все участники. Отсюда следует необходимость в международном сотрудничестве по проблемам транспорта, ибо транспорт важен для всех.



Космолёт SpaceShipTwo

Воздушная подушка, на которую опирается скоростной бесколесный поезд, благодаря монорельсовому полотну может быть существенно меньше, чем воздушная подушка кораблей и автомобилей: при гладкой поверхности рельсового полотна, которую нетрудно получить в заводских условиях, толщина ее измеряется в миллиметрах. Воздушная подушка в таком поезде выполняет роль смазки между опорной поверхностью поезда — скользящим шасси и поверхностью монорельса. Для создания тонкой воздушной подушки — воздушной смазки — требуется существенно меньшая мощность. Высвободившуюся мощность можно направить на увеличение скорости движения.

Если снабдить поезд крыльями, то по мере увеличения скорости движения они будут создавать все большую и большую подъемную силу, уменьшая тем самым воздействие поезда на воздушную подушку. Но чем меньше масса поезда, тем меньшая мощность требуется для создания воздушной подушки. В результате получается удачная с энергетической, а следовательно, и с экономической точки зрения система. При малых скоростях крыло работает неэффективно, и мощность расходуется на создание воздушной подушки. По мере увеличения скорости растет сопротивление движению, однако эффективнее начинают работать крылья, увеличивая создаваемую ими аэродинамическую подъемную силу, воздействие веса



Самолёт-разгонщик WhiteKnightTwo

поезда на воздушную подушку снижается. Высвобождаемая мощность направляется на преодоление сопротивлений и увеличение скорости движения.

Таким образом, с увеличением скорости до определенного предела, обусловленного возрастанием лобового сопротивления, экономичность крылатого поезда на воздушной подушке не только не ухудшается, а, напротив, улучшается. При скоростях свыше 400 км/ч воздушную подушку можно создавать без помощи вентиляторов, используя динамический напор набегающего потока воздуха и близость расположения опорных поверхностей поезда и рельсового полотна — эффект экрана. Это обстоятельство еще больше увеличивает возможности крылатых поездов с точки зрения повышения их экономичности при высоких скоростях.

Крылатый поезд на воздушной подушке должен быть не похожим на привычные железнодорожные составы. Во-первых, от составов придется отказаться, так как при скоростях, превышающих 400 км/ч, работа сцепки становится трудноразрешимой проблемой. Поезд на воздушной подушке должен быть похож на фюзеляж крупного пассажирского самолета, однако крылья его будут отличаться от крыльев самолета: так как поезд движется над землей, самолетный размах крыльев неприемлем, они должны быть вытянутыми вдоль корпуса поезда или, для улучшения аэродинамических характеристик, расположены на крыше.

Отсутствие колес позволяет отказаться от двух рельсов и заменить их одним — монорельсом, имеющим достаточную опорную поверхность. Если нет колес, не будет и динамических воздействий колеса на рельс. Поэтому монорельс можно изготавливать не из дорогого и дефицитного металла, а из бетона. Отсутствие колес снимает те ограничения по скорости, которые присущи современным железнодорожным поездам. Высокие скорости поездов на воздушной подушке потребуют изолирования этого вида транспорта от других транспортных средств и пешеходов. С этой целью монорельс целесообразно проложить по эстакаде в нескольких метрах над землей. Вынос монорельса на эстакаду целесообразен не только из соображений безопасности, но также и с экономической точки зрения, особенно если дорогу придется прокладывать в труднодоступных районах. В заболоченных местах, в районах вечной мерзлоты и в ряде других случаев предпочтительной оказывается прокладка по эстакаде даже автомобильной дороги.

Крылатые монорельсовые поезда на воздушной подушке могут использовать турбовинтовые реактивные двигатели, которые обладают хорошими экономическими показателями в диапазоне скоростей 450–600 км/ч. Еще лучше, если вместо них применить двухконтурные турбовентиляторные двигатели: по своим характеристикам они соответствуют турбовинтовым, но создают значительно меньше шума.

Реактивный двигатель может создать дополнительную подъемную силу, если газы, вырывающиеся из его сопла, направить в желоб. Согласно уравнению Бернулли, скорость газа и его давление связаны обратной зависимостью: чем больше скорость, тем меньше давление. За счет разности скоростей струи реактив-

ного двигателя, протекающей по желобу, и окружающего желоб воздуха возникает перепад давления. Этот перепад давления создаст добавочную подъемную силу, которая будет наибольшей на стоянке и станет убывать с увеличением скорости поезда. При ускорении разность между скоростью реактивной струи и скоростью набегающего потока воздуха будет уменьшаться.

Так как скользящее шасси поезда расположено близко к поверхности монорельса, в поездах на воздушной подушке эффективно применение линейного асинхронного двигателя. Что же представляет собой линейный асинхронный двигатель? Если обмотку статора асинхронного электромотора развернуть вдоль монорельса, а ротор разместить на поезде и пустить электрический ток, то между ротором и статором возникнет магнитное поле, которое заставит поезд двигаться вдоль монорельса. Малый зазор между плоскостями поезда и монорельса гарантирует небольшие потери энергии. Линейные асинхронные двигатели бесшумны, не загрязняют окружающей среды. Однако на пути их широкого использования стоит проблема экономичности при высоких скоростях движения поезда. Произведем оценку крылатого поезда на воздушной подушке, двигающегося по монорельсу, вынесенному на эстакаду, по критериям прогрессивности.

По скорости крылатые монорельсовые поезда на воздушной подушке превосходят все виды транспорта, уступая лишь авиации. Однако, несмотря на то, что скорость поездов ниже скорости пассажирских самолетов, на расстоянии 3000–3500 километров пассажир поезда проводит в пути меньше времени, чем авиапассажир. Это объясняется тем, что авиапассажирам приходится тратить много времени на поездку от центра города до аэропорта, причем с развитием авиации это время увеличивается.

Какова тенденция развития авиации? Чем больше самолет, тем он экономичнее. Но большие самолеты требуют больших аэродромов, которые приходится выносить далеко за черту города. Довольно часто полет отнимает меньше времени, чем поездка из города в аэропорт и из аэропорта в город. Поезда же на воздушной подушке могут проходить через центр города. Следовательно, в отношении скорости доставки пассажиров и грузов крылатые монорельсовые поезда на воздушной подушке выгодно отличаются от других видов транспорта.

Проблема безопасности на транспорте — одна из наиболее острых в современном мире. Каждый год в мире происходит около 55 миллионов автомобильных аварий. Практически каждый девятый водитель в течение своей жизни бывает ранен или погибает в автомобильной катастрофе. Смертность в результате автомобильных аварий стоит по статистике на третьем месте после смертности от болезней системы кровообращения и раковых заболеваний.

Крылатый поезд на воздушной подушке является более скоростным видом транспорта, чем автомобильный, и поэтому, разрабатывая его, надо было с самого начала продумать весь комплекс мероприятий, который обеспечил бы безопасность его эксплуатации.

Безопасность эксплуатации поезда на воздушной подушке обусловлена в первую очередь следующими двумя факторами: отсутствием механического контакта поезда с поверхностью движения, с одной стороны, и неразрывной связью поезда с монорельсом, проложенным по эстакаде, с другой. Отсутствие механического контакта обеспечивается воздушной подушкой, непосредственная связь поезда с монорельсом — конструкцией скользящего шасси поезда и монорельса. Можно предложить ряд конструктивных решений сочленения скользящего шасси и монорельса. Выбор конструкции зависит от многих условий, и в первую очередь от того, будет ли аэродинамическая подъемная сила поезда при расчетной скорости превышать вес поезда или нет.

Если вес поезда больше аэродинамической подъемной силы, то можно предложить скользящее шасси, сверху и с двух сторон охватывающее монорельс. В щель между плоскостями скользящего шасси и монорельса непрерывно поступает под давлением от вентиляторов сжатый воздух. Такая конструкция не позволит поезду сойти с рельса. Если же возникнет усилие в поперечном направлении, например, от порыва ветра, то это приведет к уменьшению зазора между соответствующими боковыми плоскостями скользящего шасси и монорельса, увеличению давления воздуха в этом зазоре, а в итоге — к возникновению противодействующей силы. Аналогично такое сочленение будет действовать при движении поезда по закруглению. Следовательно, в этих случаях система скользящее шасси — монорельс будет вести себя как саморегулирующаяся.

Принцип саморегулирующейся системы используется и для того, чтобы обеспечить устойчивое движение поезда на воздушной подушке относительно монорельса. Вопросы устойчивости имеют важное значение и для безопасности движения, и для экономичной работы силовой установки, и для создания комфортных условий для пассажиров.

Поезд относительно монорельса находится во взвешенном состоянии. Одновременно на него действуют сила тяжести, аэродинамическая подъемная сила и силы сопротивления, которые в процессе движения не остаются постоянными. Масса поезда уменьшается, так как расходуется топливо, следовательно, уменьшается сила тяжести. Аэродинамическая подъемная сила и сила сопротивления зависят от скорости движения, плотности окружающего воздуха, порывов ветра, а также от ряда других факторов. Колебания сил сопротивления уравниваются тяговым усилием силовой установки. А колебания аэродинамической подъемной силы и силы тяжести компенсируются воздушной подушкой, т.е. воздушная подушка выполняет роль амортизатора. Если аэродинамическая подъемная сила будет равна весу поезда, то система может оказаться неустойчивой. Поэтому надо, чтобы эти силы не были равны.

При втором варианте, когда вес поезда меньше аэродинамической подъемной силы, на монорельс и эстакаду будет действовать сила, направленная вверх. В этом случае меняется конструкция сочленения скользящего шасси поезда и монорельса.

Связь поезда с монорельсом в существенной мере влияет на безопасность его эксплуатации. На всем пути поезд не отрывается от монорельса, он не взлетает и не садится, как самолет, а ведь до 80% всех авиационных катастроф происходит при взлете и посадке.

Столкновение поездов с другими транспортными средствами или пешеходами, как уже упоминалось выше, исключается вследствие того, что монорельс размещается на эстакаде и поднят над землей. С помощью эстакады решаются также вопросы транспортных развязок, что особенно важно для густонаселенных районов. Разработаны стрелочные переводы для бесколесных поездов.

Торможение поездов можно осуществить несколькими способами. Во-первых, с помощью реверса тяги, когда направление вектора силы тяги двигателя меняется на противоположное (в реактивных двигателях изменяется направление истекающей струи, у турбовинтовых двигателей изменяется положение лопастей винта); во-вторых, за счет сопротивления выдвигаемых поверхностей (в самолетах, например, для этой цели используют закрылки, выбрасывается тормозной парашют); в-третьих, посредством тормозных колодок благодаря малому зазору между скользящим шасси поезда и монорельсом. Для улучшения эксплуатационных качеств эти колодки могут иметь специальные покрытия.

Засорения поверхности монорельса песком, щебнем и другими предметами легко избежать за счет соответствующей формы монорельса, например, если его верхние опорные поверхности выполнить наклонными, что будет способствовать также стоку воды и уменьшению благодаря этому образования льда в зимнее время. Для борьбы с обледенением можно использовать и высокую температуру выхлопных газов реактивных двигателей, а также другие средства.

Рельсовый транспорт обладает самым высоким грузооборотом. Железнодорожный транспорт нашей страны занимает ведущее положение по количеству перевозимых грузов и пассажиров. Большой грузоподъемностью отличаются и крылатые монорельсовые поезда на воздушной подушке. Правда, состав железнодорожного транспорта более грузоподъёмен, чем поезд на воздушной подушке, однако бесколесные поезда обладают гораздо большей скоростью, от которой существенно зависит грузооборот. Увеличению грузооборота рельсового транспорта в значительной мере способствуют системы автоматики, которые позволяют резко повысить пропускную способность дороги, сокращая интервалы между поездами и в то же время гарантируя безопасность движения. Напомним, что переход к автоматическому регулированию движения на метрополитене позволил сократить интервалы между поездами до 32 секунд.

Внедрение автоматики в транспортные системы крылатых монорельсовых поездов на воздушной подушке позволит решить задачи выбора оптимальных скорости движения бесколесных поездов и интервала между поездами, управления работой агрегатов поезда и контроля за ней, а также состояния трассы (монорельса,

эстакады, опор), включения экстренного торможения в случае аварийной ситуации и т.п. Кроме того, поезда на воздушной подушке не зависят от капризов погоды, что тоже благоприятно отражается на грузообороте.

Предполагается использовать поезда на воздушной подушке главным образом как пассажирский транспорт. Однако в отдельных случаях они будут перевозить срочные негабаритные грузы, т.е. выполнять те же функции, которые в настоящее время выполняет авиация.

В целом по критерию грузооборота крылатые монорельсовые поезда на воздушной подушке, способные на высокой скорости вне зависимости от погоды перевозить большое количество пассажиров и относительно легких грузов, вполне отвечают требованиям, предъявляемым к новому виду транспорта, имея показатели лучшие, чем, например, авиационный транспорт.

Прогрессивность скоростных бесколесных поездов на воздушной подушке, как и любого другого вида транспорта, должна быть оценена и с точки зрения экономики. Экономичность можно оценить, например, сроком окупаемости выбранного участка дороги с заданным объемом перевозок. Мы не будем рассматривать весь спектр вопросов, который связан с экономикой крылатых монорельсовых поездов на воздушной подушке, а остановимся лишь на некоторых факторах.

Экономичность любого вида транспорта существенно определяется его энергетическими затратами. В бесколесных поездах энергия расходуется на создание тягового усилия и на поддержание поезда во взвешенном состоянии над поверхностью монорельса, в данном случае на создание воздушной подушки.

Энергозатраты первого вида зависят от сопротивления движению и увеличиваются пропорционально квадрату роста скорости. Затраты этой энергии будут максимальными на режимах наибольшей скорости. Так как скорость монорельсовых поездов на воздушной подушке достигает 500 км/ч и более, то потребление энергии на преодоление сопротивлений при этих скоростях настолько велико, что дополнительное расходование энергии на создание воздушной подушки ставит под сомнение их экономическую целесообразность. Именно этот аргумент выдвигали противники поезда на воздушной подушке в 1960 г. Они не учитывали или не хотели учитывать эффект экрана и отвергали идею использования подъемной силы крыльев для снижения потребной мощности за счет разгрузки воздушной подушки. Более того, они утверждали, что крылья только создают дополнительное сопротивление и увеличивают вес.

Крыло действительно неэффективно при малых скоростях. В этом случае, для того чтобы получить достаточную подъемную силу, необходимы крылья больших размеров, а большие крылья увеличивают силу сопротивления и вес. Однако подъемная сила крыла возрастает пропорционально квадрату роста скорости. Поэтому отличительной особенностью крылатых поездов на воздушной подушке является улучшение его экономичности при высоких скоростях. Более того, при

высоких скоростях воздушную подушку можно создавать за счет динамического напора набегающего воздуха, что улучшит экономические показатели поезда на воздушной подушке.

Автомобильный и железнодорожный транспорт требует дорог, стоимость которых весьма высока. Это объясняется большими динамическими воздействиями колес автомобилей на дорогу или тяжеловесных составов на рельсы. На стоимость дороги оказывают существенное влияние условия, в которых она прокладывается. Очень высока стоимость мостов, которая в первую очередь определяется воспринимаемыми нагрузками и от которых зависит долговечность дорожных сооружений.

Монорельсовая эстакадная дорога для крылатых бесколесных поездов на воздушной подушке выгодно отличается от автомобильных и тем более железных дорог. Она не нуждается в непрерывном ложе, так как эстакада размещается на опорах, отстоящих на значительном расстоянии друг от друга. Секции эстакады и монорельс могут быть изготовлены в заводских условиях, а на месте лишь монтироваться. Из-за отсутствия динамических ударных нагрузок колеса на рельс монорельс и эстакаду можно изготавливать из относительно дешевого и доступного бетона. Вследствие аэродинамической разгрузки крылатого поезда монорельс в основном используется как направляющая. Поэтому запас прочности здесь может быть существенно меньшим, чем, например, при строительстве железных дорог, к тому же ширина монорельса и эстакады определяется габаритами скользящего шасси поезда. В результате все сооружение получается достаточно легким. Это существенно облегчает установку опор, монтаж эстакады и монорельса, особенно возведение мостовых переходов, и снижает их стоимость. В результате приведенная к одному километру стоимость эстакадной монорельсовой дороги для крылатых поездов на воздушной подушке оказывается значительно меньшей, чем автомобильной и железной дороги.

Особенности поезда на воздушной подушке позволяют создать очень легкую, надежную и экономичную конструкцию. В самом деле, поезд освобожден от ударных нагрузок, обычно создаваемых колесной группой. Если в качестве двигателя он использует линейный асинхронный двигатель, то энергия для его питания будет передаваться по контактному проводу, и запасаться топливом на весь путь не понадобится; если же он будет снабжен автономным, например реактивным, двигателем, дозаправка топливом на промежуточной станции не представляет проблемы. Значит, топливные баки не будут занимать много места. Не будет занимать полезный объем и обычно громоздкое колесное шасси. Поезд может иметь легкие колеса, предназначенные для его транспортировки на ремонтные и регламентные работы, но они занимают мало места и при движении убираются аналогично авиационным. Всё это делает конструкцию поезда весьма экономичной.

Крылатые поезда на воздушной подушке, летящие вдоль монорельса по эстакаде, имеют высокий критерий экономичности. Это определяется следующими основными факторами: малой толщиной воздушной подушки, высокой скоростью движения, аэро-

динамической разгрузкой воздушной подушки и монорельса, отсутствием ударных динамических нагрузок, облегченностью конструкции поезда и дорожных сооружений.

Критерий комфортности крылатых монорельсовых поездов на воздушной подушке лучше, чем самых современных видов транспорта. Комфорт крылатых поездов обеспечивается высокой скоростью, возможностью доставлять пассажиров непосредственно в город, независимостью поездов от капризов погоды, гарантированной безопасностью движения.

Крылатые монорельсовые поезда способны эффективно решать и проблему проходимости. Через самые непроходимые болота, в районах вечной мерзлоты может быть проложена эстакада, в необходимых случаях с опорами на свайном основании. Расчеты показывают, что 12-метровые сваи, которые используются при строительстве многоэтажных зданий в краю сплошных болот, вполне для этого пригодны. По эстакаде нетрудно проложить и другие коммуникации. Учитывая скорость, грузооборот и экономичность крылатых поездов на воздушной подушке, можно определенно сказать, что для освоения отдаленных и труднодоступных районов, например северных, этот вид транспорта не имеет равных. Кроме того, движущиеся по проложенной в тундре эстакаде поезда гораздо меньше разрушают почву чем, скажем, трактор или автомобиль. По каждому из рассмотренных критериев прогрессивности крылатый монорельсовый поезд на воздушной подушке имеет более высокие показатели, чем соответствующие существующие транспортные средства. В настоящее время в разных странах уже созданы и продолжают разрабатываться различные варианты поездов на воздушной подушке.

Ограничивать скорости движения поездов на воздушной подушке будет, с одной стороны, сила сопротивления, которая пропорциональна квадрату скорости, а с другой — наличие остановок. На коротких участках или на участках большой протяженности, но с большим количеством остановок поезд не будет успевать разогнаться до высоких скоростей

Для сохранения постоянной аэродинамической разгрузки необходимо при изменении скорости изменять площадь крыльев. Кроме того, при разных скоростях изменяется подъемная сила, создаваемая воздушной подушкой.

С ростом скорости происходит вытеснение воздушной подушки встречным потоком воздуха. В результате толщина воздушной подушки и создаваемая ею подъемная сила уменьшаются. Вместе с тем за счет скоростного напора создается дополнительная аэродинамическая подъемная сила, которая при высоких скоростях становится преобладающей и может полностью заменить воздушную подушку. Воздействие обоих этих факторов для каждого варианта поезда требует специальных исследований, и их необходимо учитывать при разработке скоростных поездов на воздушной подушке.

Следовательно, наиболее слабым критерием прогрессивности поездов на воздушной подушке является критерий экологического воздействия.



СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Автоматизация управления безопасностью полетов / *А.М. Гомулин, Г.В. Громов, А.С. Кострицкий* и др. — М.: Транспорт, 1989. — 116 с.
2. Аэропорты и воздушные трассы: Учебник для вузов гражданской авиации / *В.И. Блохин, И.А. Белинский, И.В. Циприанович, Г.Н. Гелетуха* 2-е изд., перераб. и доп. — М.: Транспорт, 1984. — 160 с.
3. *Бабков В.Ф.* Пути сообщения: Конспект лекций. — М.: МАДИ, 1993. — 224 с.
4. *Ванчукевич В.Ф., Седюкевич В.Н., Холупов В.С.* Автомобильные перевозки. — Мн.: Дизайн ПРО, 1999. — 224 с.
5. Взаимодействие различных видов транспорта: (примеры и задачи) / *Н.В. Правдин, В.Я. Негрей, В.А. Подкопаев*; Под ред. *Н.В. Правдина* — М.: Транспорт, 1989. — 207 с.
6. *Гриневич Г.П.* Комплексная механизация и автоматизация погрузочно-разгрузочных работ на железнодорожном транспорте: Учебник для вузов ж.-д. трансп. 4-е изд., перераб. и доп. — М.: Транспорт, 1981. — 343 с.
7. Грузоподъемные машины: Учебник для вузов по специальности «Подъемно-транспортные машины и оборудование» / *М.П. Александров, Л.Н. Колобов, Н.А. Лобов* и др. — М.: Машиностроение, 1986 — 400 с.
8. Единая транспортная система / Под ред. *В.Г. Галабурды* — М.: Транспорт, 1996. — 295 с.
9. *Ефремов И.С., Кобозев В.М., Юдин В.А.* Теория городских пассажирских перевозок: Учеб. пособие для вузов. — М.: Высш. школа, 1980. — 535 с.
10. Железные дороги. Общий курс / Под ред. *М.М. Уздина* — М.: Транспорт, 1991. — 295 с.
11. *Захаров В.Н., Зачесов В.П., Малышкин А.Г.* Организация работы речного флота: Учеб. для вузов. — М.: Транспорт, 1994. — 287 с.
12. *Захаров В.А., Редько Л.А.* История автотранспорта: Конспект лекций. — Гомель: БелГУТ, 1995. — 77 с.
13. *Зелькин Г.Г.* Летающие экспрессы. — Мн.: Выш. шк., 1984. — 156 с.
14. Инструкция по сигнализации на Белорусской железной дороге. — М.: Транспорт, 1994. — 129 с.
15. Инструкция по движению поездов и маневровой работе на Белорусской железной дороге. — М.: Транспорт, 1994. — 289 с.
16. *Каменский В.Б., Горев Л.Д.* Справочник дорожного мастера и бригадира пути. — М.: Транспорт, 1985. — 488 с.
17. Краткий автомобильный справочник / *А.Н. Понизовкин, Ю.М. Власко, М.Б. Ляликов* и др. — М.: АО «Транскосалтинг», НИИАТ, 1994. — 779 с.

18. Организация движения поездов: В 2 ч. / Под общ. ред. *И. Г. Тихомирова*– Мн.: Выш. школа, 1979. — Ч. 1. 224 с.; Ч. 2. 192 с.
19. Организация и планирование грузовых автомобильных перевозок / Под ред. *Л.А. Александрова* — М.: Высш. школа, 1977. — 335 с.
20. Организация работы флота и портов / Под ред. *А.П. Ирхина*. — М.: Транспорт, 1966. — 528 с.
21. Основы взаимодействия железных дорог с другими видами транспорта / Под ред. *В.В. Повороженко*. — М.: Транспорт, 1986. — 215 с.
22. Пассажиры автомобильных перевозки / Под ред. *Н.Б. Островского*. — М.: Транспорт, 1986. — 220 с.
23. Правила технической эксплуатации Белорусской железной дороги. — М.: Транспорт, 1994. — 161 с.
24. Проблемы развития транспорта СССР. Единая транспортная сеть: / Под ред. *С.С. Ушакова, К.Ю. Скалова, В.Л. Станиславюка*. — М.: Транспорт, 1981. — 253 с.
25. *Пустовалов Б.И.* От «Руссо-Балта» до КамАЗа. — Мн.: Выш. шк., 1984. — 94 с.
26. *Сыцко П. А., Шульженко П.А., Ярошевич В.П.* Общий курс железных дорог: Конспект лекций. — Гомель: БелИИЖТ, 1990. — 65 с.
27. *Сотников Е.А.* Железные дороги мира из XIX в XXI век. — М.: Транспорт, 1993. — 200 с.
28. Справочник необходимых знаний. — М.: РИПОЛ КЛАССИК, 2000. — 768 с.
29. Транспорт Страны Советов: Итоги за 70 лет и перспективы развития / *И.В. Белов, В.А. Персианов, Б.А. Волков* и др.; Под ред. *И.В. Белова*. — М.: Транспорт, 1987. — 311 с.
30. *Хиврич И.Г.* и др. Автоматизированное вождение воздушных судов. — М.: Транспорт, 1985. — 328 с.
31. *Царенко А.П.* Поезд отправляется в путь. 3-е изд., перераб. и доп. — М.: Транспорт, 1987. — 254 с.
32. *Чароцкая Л.П.* Железная дорога от А до Я. — М.: Транспорт, 1990. — 208 с.
33. *Шашков З.А.* Внутренний водный транспорт СССР. Общий курс. — М.: Транспорт, 1978. — 295 с.
34. *В.А. Любченко, Г.Р. Фоменко, И.В. Мусенко.* Транспорт и пути сообщения. Конспект лекций.
35. *Berechman, Joseph.* Transportation — economic Aspects of Roman Highway Development: The Case of Via Appia. Diss. Tel Aviv University, 2002. N.p.: n.p., n.d. Science Direct. Web. 09 Sept. 2013.
36. *Casson, Lionel.* Travel in the Ancient World. Baltimore: George Allen & Unwin, 1994.
37. *Rose, A.C.,* When All Roads Led to Rome, Bureau of Public Roads, U.S. Department of Agriculture, Washington, D.C., 1935.
38. *Leger, A.,* Les Travaux Publics les Mines et la Metallurgie aux Temps des Romains, Paris, 1875.

39. Кривцов В.С., Малашенко Л.А. и др. Конструкция самолетов и вертолетов. 2010—366 стр.
40. DUNCAN GEERE. Japanese firm plans to build space elevator by 2050. <http://www.wired.co.uk/news/archive/2012-02/22/space-elevator-2050> [дата доступа: 8/9/15]
41. Содиков Ж.И. Методы повышения достоверности информации, обосновывающей проектные решения автомобильных дорог, Диссертация, Ташкент, 2012 — 189 стр.
42. Ministry of Land, Transportation, Infrastructure and Tourism, Japan, http://www.mlit.go.jp/road/road_e/index_e.html [дата доступа: 8/9/15]

СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие	3
Введение	5
1. Общая характеристика транспорта	7
1.1. История развития транспорта	7
1.2. Общая характеристика транспорта как отрасли материального производства	21
1.3. Роль и значение транспорта	21
1.4. Основные термины и понятия транспортной системы	22
1.5. Техничко-экономические особенности и сферы применения различных видов транспорта	25
2. Железнодорожный транспорт	31
2.1. Краткая историческая справка	31
2.2. Путь и путевое хозяйство	31
2.3. Габариты на железнодорожном транспорте	43
2.4. Раздельные пункты	44
3. Водный транспорт	57
3.1. Виды и основные средства водного транспорта	57
3.2. Виды плавсредств по назначению	58
3.3. Порты и портовые сооружения	62
4. Автомобильный транспорт	75
4.1. Краткая историческая справка	75
4.2. Классификация автомобильных транспортных средств	81
5. Автомобильные дороги	89
5.1. История развития Великого шелкового пути	89
5.2. История развития дорог	91
5.3. Общая характеристика автомобильных дорог	101
5.4. Элементы автомобильной дороги	105

5.5. Дорожный водоотвод	127
5.6. Искусственные сооружения на автомобильных дорогах	129
5.7. Обустройство автомобильных дорог	132
5.8. Транспортные коридоры	134
5.9. Международные автомобильные дороги и автомагистрали	142
5.10. Безопасность дорожного движения	146
5.11. Опыт Японии в строительстве и эксплуатации автомобильных дорог	151
6. Воздушный транспорт	163
6.1. История развития воздушного транспорта	163
6.2. Техническая основа воздушного транспорта	170
7. Трубопроводный транспорт	181
7.1. Научно-технические проблемы развития трубопроводного транспорта	187
8. Городской транспорт	193
8.1. Виды городского транспорта	193
9. Промышленный транспорт	211
10. Новые виды транспорта	219
10.1. Критерии прогрессивности видов транспорта	219
10.2. Характеристика новых видов транспорта	220
10.3. Прогноз развития транспорта	265
Список литературы	281

Пути сообщения
Учебник

Ж. И. Содиков, Ш.А. Мирходжаев

Редактор: У. Раджабова

Дизайн, верстка: Холматов А. Д.

Лицензия AI №263 31.12.2014.

Подписано в печать 16.12 2015 г.

Формат: 70x100 1/16. Гарнитура «Myriad Pro».

Печать офсетная.

Усл.п.л. 18,0. Уч.издл. 23,4.

Тираж 450.

Издательство «Baktria press»

г. Ташкент, 100000, Буюк Ипак Йули мавзеси 15-25.

Тел/факс.: +998 (71) 233-23-84

Отпечатано в Mega Basim

ISBN 978-9943-4567-0-9