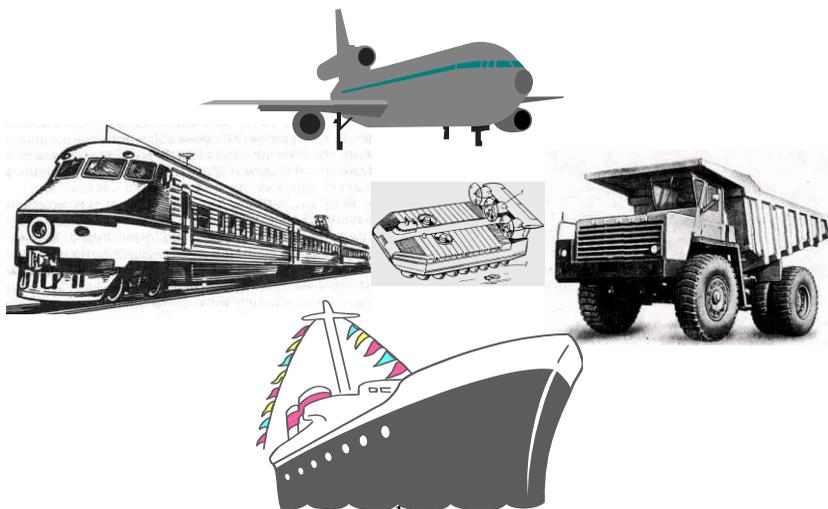


В. П. ЯРОШЕВИЧ, М. И. ШКУРИН

ТРАНСПОРТ

ОБЩИЙ КУРС



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ТРАНСПОРТА

Кафедра «Общественные транспортные проблемы»

В. П. ЯРОШЕВИЧ, М. И. ШКУРИН

ТРАНСПОРТ

ОБЩИЙ КУРС

Издание второе, переработанное и дополненное

Допущено Министерством образования Республики Беларусь
*в качестве учебного пособия для студентов транспортных
специальностей высших учебных заведений*

Гомель 2001

УДК 656 (075.8)

ББК 39.1

Я772

Рецензенты:

заместитель генерального директора по науке республиканского унитарного предприятия Белорусский научно-исследовательский институт транспорта "ТРАНСТЕХНИКА", канд. техн. наук **В. С. Танкович**; руководитель Научного центра комплексных транспортных проблем, канд. техн. наук, доцент **А. А. Михальченко**.

Ярошевич В. П., Шкурин М. И.

Я772 Транспорт. Общий курс: Учебное пособие для студентов транспортных специальностей вузов/ Белорус. гос. ун-т трансп.– Гомель, 2001.– 389 с.

ISBN 985-6550-19-X

Приводятся общая характеристика транспортной системы, ее основные термины и понятия. Рассматриваются: краткая история развития, технический комплекс, структура управления, принципы организации эксплуатационной работы, показатели использования технических средств, особенности применения, научно-технические проблемы и перспективы развития различных видов транспорта.

Предназначено для студентов транспортных специальностей вузов.

**УДК 656 (075.8)
ББК 39.1**

ISBN 985-6550-19-X

© Белорусский государственный
университет транспорта, 1999.

© Белорусский государственный
университет транспорта, 2001.

© В. П. Ярошевич, М. И. Шкурин, 2001

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	
1 Общая характеристика транспорта. Основные термины и понятия	
1.1 История развития транспорта.....	
1.2 Общая характеристика транспорта как отрасли материального производства.....	
1.3 Роль и значение транспорта.....	
1.4 Основные термины и понятия транспортной системы.....	
1.5 Структура управления транспортом в Республике Беларусь.....	
1.6 Документы, регламентирующие работу транспорта.....	
1.7 Нагрузка на транспортную систему.....	
1.8 Понятие плотности транспортной сети.....	
1.9 Технико-экономические особенности и сферы применения различных видов транспорта.....	
1.10 Направления развития единой транспортной сети.....	
1.11 Основные показатели работы транспорта.....	
1.12 Механизация погрузочно-разгрузочных и складских работ на транспорте.....	
1.13 Крупнейшие транспортные сооружения мира.....	
2 Железнодорожный транспорт	
2.1 Краткая историческая справка.....	
2.2 Путь и путевое хозяйство.....	
2.3 Габариты на железнодорожном транспорте.....	
2.4 Раздельные пункты.....	
2.5 Основы организация движения поездов.....	
2.6 Тяговый подвижной состав.....	
2.7 Вагоны и вагонное хозяйство.....	
2.8 Электрификация.....	
2.8.1 Краткая историческая справка.....	
2.8.2 Схема электроснабжения.....	
2.8.3 Система тока и напряжение в контактной сети.....	
2.8.4 Тяговая сеть.....	
2.8.5 Эксплуатация устройств электроснабжения.....	
2.9 Автоматика и телемеханика (А и Т).....	
2.10 Система сигнализации и виды связи.....	
3 Водный транспорт	
3.1 Краткая историческая справка.....	
3.2 Виды и основные средства водного транспорта.....	
3.3 Судходные пути.....	
3.3.1 Общие положения.....	
3.3.2 Навигационное оборудование водного пути.....	
3.3.3 Способы обслуживания навигационного оборудования.....	
3.3.4 Гарантированные габариты пути и методы их поддержания.....	
3.4 Условия безопасности и экономичности эксплуатации судов.....	
3.5 Характеристика и размерения судов.....	
3.6 Классификация судов флота.....	
3.7 Порты и портовые сооружения.....	
3.8 Взаимодействие видов транспорта в порту.....	
3.9 Организация эксплуатационной работы водного транспорта.....	
4 Автомобильный транспорт	
4.1 Краткая историческая справка.....	
4.2 Автомобиль в Белоруссии.....	
4.3 Классификация перевозок.....	
4.4 Организация перевозок грузов.....	

4.5	Организация пассажирских перевозок.....	
4.6	Служба перевозок автотранспортного предприятия.....	
4.7	Классификация автомобильных транспортных средств.....	
4.8	Система обозначения автомобильного подвижного состава.....	
4.9	Основные эксплуатационные требования к подвижному составу.....	
4.10	Система показателей и измерителей работы подвижного состава.....	
4.11	Автомобильные дороги.....	
4.12	Автотранспортные предприятия.....	
4.13	Основные научно-технические проблемы и пути их решения.....	
4.14	Рекордные скорости на автотранспорте.....	
5	Воздушный транспорт.....	
5.1	История развития воздушного транспорта.....	
5.2	Техническая основа воздушного транспорта.....	
5.3	Организация полетов и руководство движением.....	
5.4	Научно-технические проблемы развития воздушного транспорта.....	
5.5	Показатели работы воздушного транспорта.....	
5.6	Достижения воздушного транспорта.....	
6	Трубопроводный транспорт.....	
6.1	История развития трубопроводного транспорта.....	
6.2	Техническая база трубопроводного транспорта.....	
6.3	Особенности сооружения и эксплуатации трубопроводов.....	
6.4	Научно-технические проблемы развития трубопроводного транспорта.....	
7	Городской транспорт.....	
7.1	История развития пассажирского городского транспорта.....	
7.2	Виды городского транспорта.....	
7.3	Техническая база ГПТ.....	
7.4	Основные показатели, характеризующие городскую транспортную сеть (ГТС).....	
7.5	Проблемы, стоящие перед городским пассажирским транспортом, и пути их решения.....	
8	Промышленный транспорт.....	
9	Новые виды транспорта.....	
9.1	Критерии прогрессивности видов транспорта.....	
9.2	Характеристика новых видов транспорта.....	
9.2.1	Дирижабли.....	
9.2.2	Поезда с реактивным двигателем.....	
9.2.3	Монорельсовая дорога.....	
9.2.4	Транспорт на воздушной подушке.....	
9.2.5	Поезд на магнитной подушке (подвеске).....	
9.2.6	Транспорт для освоения Севера.....	
9.2.7	Идеи проектов новых транспортных средств.....	
9.8	Прогноз развития транспорта.....	
	Список использованной литературы.....	

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.

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 регуляционные 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.

Эту цель преследует и включение в учебные планы в 1995 году дисциплины "Общий курс транспорта", которая знакомит студентов с историей зарождения и развития, основными техническими характеристиками и особенностями эксплуатации различных видов транспорта, тенденциями технического прогресса на транспорте, раскрывая перспективы и творческий характер многосторонней деятельности инженера-транспортника.

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.

Целью данного учебного пособия является оказание методической помощи студентам транспортных вузов при изучении дисциплины "Общий курс транспорта".

1 ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ТРАНСПОРТА. ОСНОВНЫЕ ТЕРМИНЫ И ПОНЯТИЯ

1.1 История развития транспорта

Транспорт, как и земледелие, добывающая и обрабатывающая промышленности является сферой материального производства. В отличие от других отраслей народного хозяйства транспорт не производит новых продуктов. Продукцией транспорта является само перемещение, сама перевозка пассажиров и грузов.

В сущности, без перемещения орудий и предметов труда, самого человека невозможно ни добывание пищи, ни изготовление одежды и жилища, ни какая-либо другая целесообразная деятельность.

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, в Европе – в III тысячелетии до нашей эры) возникли первые требования к выбору и подготовке пути, 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 плотах 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 нашей эры). 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 (рисунок 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.



Рисунок 1.1 –
Древнегреческая повозка

После изобретения колеса следующим шагом в развитии сухопутного транспорта было создание искусственных наземных дорог. Опыт показал, что колесные повозки

требуют подготовки ровной 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 predetermined 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, 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 (рисунок 1.2).

Геродот, проехавший по этой дороге, свидетельствует, что примерно через каждые 25 км на ней сооружены станции с различными службами и сооружениями.

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

Римляне показали высочайший класс искусства в сооружении дорог, достойный удивления и восхищения современных специалистов. Царицей



Рисунок 1.2 – Дорога в Италии, построенная в 312 году до н. э. и сохранившаяся до наших дней

этой сети считалась "Аппиева дорога" – начальный участок магистрали Рим – Африка (рисунок 1.3). 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

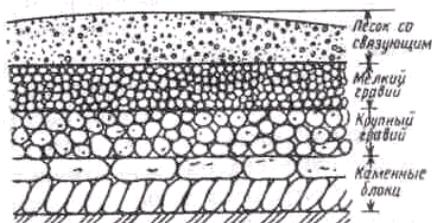


Рисунок 1.3 – Поперечный разрез "Аппиевой дороги"

вырублена частично в отвесных скалах, а частично висела на мощных деревянных брусках, укрепленных концами в шурфах.

Магистральные дороги строились по единой технологической схеме: в основании – каменные блоки или крупный камень, выше – галька величиной с кулак, еще выше – с грецкий орех, самый же верхний слой состоял из мелкой

гальки смешанной с песком. 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.

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 XVIII 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 ладьи на колеса.

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" (рисунок 1.4) Он вместо 4-х применил только 3 колеса. Равномерное движение коляски



Рисунок 1.4 – Самобеглая коляска Кулибина

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 независящую от условий погоды. Приспособленная для вращательного движения, она стала основой технического прогресса на всех видах транспорта.

Впервые в качестве двигателя паровой двигатель был использован французом Никола-Жозефом Кюньо (1715–1804). Его "паровая телега" (рисунок 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

Рисунок 1.5 – Паровая повозка Кюньо

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 (рисунок 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

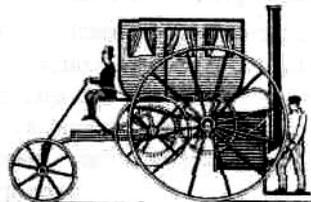


Рисунок 1.6 – Паровой автомобиль Тревитика

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. Однако французский военный инженер Филипп Лебон создал проект газового двигателя за 60 лет до Ленуара, но реализовать его не смог, так как трагически погиб в 1804 году. Были и другие предшественники Ленуара, 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 Ленуара, 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 непреходящих 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.

Таким образом, транспорт по праву отнесен к категории материального производства, и вместе с тем он является особой отраслью, обладающей своей спецификой, которая определяет своеобразие на нем процесса производства и его продукции, а также техники, технологии, организации и управления. Понимание специфики транспорта имеет большое значение для определения места транспорта в системе народного хозяйства.

Иначе говоря, 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. К транспорту общего пользования относятся:

- *железнодорожный*, находящийся в ведении объединения "Белорусская железная дорога";
- *морской*, находящийся в ведении Министерства транспорта и коммуникаций Республики Беларусь;
- *речной*, находящийся в ведении Министерства транспорта и коммуникаций Республики Беларусь;
- *автомобильный*, находящийся в ведении Министерства транспорта и коммуникаций Республики Беларусь;
- *воздушный*, находящийся в ведении комитета по воздушному транспорту при Совете Министров Республики Беларусь;
- *городской общественный* (метро, трамвай, троллейбус, автобус, такси), находящийся в ведении горисполкомов.

Транспорт общего пользования составляет основу единой транспортной системы государства.

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 именуются 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 передвижение 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.

Характеристика транспортной системы Республики Беларусь приведена в таблице 1.1.

Состояние транспортного комплекса Республики Беларусь можно отразить следующими показателями:

- общая численность работающих в транспортном секторе экономики составляет 4 % от общей численности работающих в РБ, а доля основных фондов, приходящихся на транспорт, – 11,4 %;

- пути сообщения включают: 50,3 тыс. км автомобильных дорог, из которых 33000 км с усовершенствованным покрытием, свыше 5,5 тыс. км железнодорожных путей. Плотность автомобильных дорог на 1000 км² составляет 337 км, что выводит РБ по этому показателю на 12 место в Европе, а на железнодорожном транспорте – 60 км на 1000 км² территории, функционирует 7 аэропортов;

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

- техническое обслуживание и ремонт подвижного состава выполняются на авторемонтном заводе в г. Гомеле, двух вагоноремонтных заводах (пассажирских) и 6 вагоноремонтных депо для грузовых вагонов, специализированных локомотивных депо, специализированных заводах.

Т а б л и ц а 1.1 – Характеристика транспортной системы Республики Беларусь (1991 г.)

Виды транспорта	Эксплуатационная длина путей, тыс. км	Отправлено грузов		Грузооборот		Перевезено пассажиров		Пассажирооборот	
		млн т	%	млн т-км	%	млн человек	%	млн пассажиро-км	%
Железнодорожный	5,54	110,9	10,0	65551	73,3	130,7	5,4	15795	39,1
Автомобильный	49,3	973,6	88,3	22128	24,7**	2302	94,5	18949	46,9
Речной	2,9	18,4	1,7	1747	2,0	0,8	0,03	25	0,1
Воздушный	1,3*	0,0	0,0	34	0,04	2,1	0,1	5611	13,9
Все виды транспорта		1102,9	100,0	89460	100,0	2435,6	100,0	40380	100,0
* Местные авиалинии (без перекрывающихся участков).									
** Автомобильный транспорт общего и необщего пользования.									

Белорусская железная дорога (рисунок 1.7) в настоящее время является непосредственно подчиненным Правительству Республики Беларусь государственным комплексным объединением, в состав которого входят отделения железной дороги, промышленные, строительные, автотранспортные, научно-исследовательские, проектно-конструкторские, технологические, снабженческие, торговые и другие предприятия, организации, а также учреждения образования, здравоохранения и культуры.

Удельный вес грузооборота Белорусской железной дороги в общем грузообороте всех видов транспорта республики в 1999 году составил 75,9 % (30,5 млрд тонно-км), пассажирооборот – 63,0 % (16,9 млрд пас-км). В структуре перевозок за 1999 год 36 % составляет транзит и 30,7 % перевозки во внутриреспубликанском сообщении, а остальное – ввоз и вывоз.

На Белорусской железной дороге работает более 100 тысяч человек, в том числе по основной деятельности – 78526 человек. По основным хозяйствам этот персонал распределяется следующим образом: локомотивное хозяйство – 15512; хозяйство пути – 12778; пассажирское хозяйство – 10332; вагонное хозяйство – 7828; хозяйство перевозок – 6331; грузовое хозяйство – 5637; хозяйство сигнализации и связи – 4440; хозяйство электроснабжения – 1646 человек.

Эксплуатационная длина Белорусской железной дороги составляет 5523,3 км, а развернутая длина путей: главных – 7334,7; станционных – 3696,4; прямо-отправочных – 1728,1; подъездных, обслуживающих отдельные предприятия и организации, – 1037,7 км. Общая протяженность

электрифицированных линий составляет 875,6 км, в том числе на переменном токе – 847,0 и на постоянном токе – 28,6 км. При этом уложены рельсы типа Р65 – на 79,3 % эксплуатационной длины главных путей. Железобетонные шпалы – на 73 % эксплуатационной длины главных путей. Автоблокировкой оборудованы 3697,48 км путей, автоматической блокировкой – 1917,3, а диспетчерской



централизацией – 3229,7 км эксплуатационной длины главных путей. В электрическую централизацию включено 92,7 % стрелочных переводов.

Протяженность магистральных линий связи 8879,4 км, из них кабельных линий – 6517,4 км и воздушных – 2361,7 км.

1.5 Структура управления транспортом в Республике Беларусь

Государственную политику на транспорте в Республике Беларусь осуществляет Министерство транспорта и коммуникаций, в составе которого имеется: Управление речного флота; Управление морского торгового флота; Отдел пассажирского автомобильного транспорта; Отдел грузовых перевозок и лицензирования на автомобильном транспорте. Вне Министерства транспорта и коммуникаций имеются Государственный комитет по авиации и Белорусская железная дорога, подчиненные непосредственно Совету Министров Республики Беларусь. В областях созданы производственные объединения автомобильного транспорта (Облавтотранс). Городские виды транспорта находятся в ведении горисполкомов, магистральный железнодорожный транспорт – в ведении Управления Белорусской железной дороги. В составе Белорусской железной дороги – шесть отделений: Барановичское, Брестское, Витебское, Гомельское, Минское и Могилевское. Имеется Белорусское производственное объединение промышленного железнодорожного транспорта (ОПЖТ).

1.6 Документы, регламентирующие работу транспорта

Основным документом, определяющим экономические, правовые и организационные основы деятельности транспорта общего пользования, его место и роль в хозяйстве Республики Беларусь, является **Закон о транспорте Республики Беларусь**. Он регламентирует взаимоотношения транспорта с органами государственной власти и управления, пассажирами, отправителями и получателями грузов. Вторым документом, регламентирующим работу видов транспорта, являются их **Уставы** (Кодексы), в т. ч. Устав Белорусской железной дороги, который в настоящее время находится на согласовании в Совете Министров республики. Третьим документом являются **Правила технической эксплуатации** (ПТЭ) и инструкции, конкретизирующие правила. Так, ПТЭ Белорусской железной дороги устанавливают основные положения и порядок работы железной

дороги и работников железнодорожного транспорта, основные размеры и нормы содержания важнейших сооружений, устройств, подвижного состава и требования, предъявляемые к ним, систему организации движения поездов и принципы сигнализации. Инструкция по движению и маневровой работе на Белорусской железной дороге, Инструкция по сигнализации на Белорусской железной дороге конкретизируют ПТЭ. Плата за провоз грузов, пассажиров и багажа определяется **Тарифными руководствами** (на железной дороге их пять).

Техническая работа транспорта регламентируется **технологическими процессами** работы подразделений транспорта, а также **техническо-распорядительными актами**. Последние устанавливают порядок использования технических средств в конкретном подразделении транспорта с целью обеспечения безопасности движения при приеме, отправлении и проследовании по станции поездов, безопасности внутростанционной маневровой работы и соблюдения техники безопасности. Например, **техническо-распорядительный акт (ТРА)** железнодорожной станции устанавливает порядок использования её технических средств, которым регламентируется безопасный и беспрепятственный прием, отправление и проследование поездов на станции, безопасность внутростанционной маневровой работы. ТРА разрабатывается начальником станции в соответствии с ПТЭ и инструкциями по сигнализации и движению поездов.

Технологическим процессом работы станции называется система организации работы станции, предусматривающая обработку поездов и вагонов, нормы времени на отдельные операции с вагонами и на обработку поездов различных категорий, а также порядок использования технического оснащения станций (маневровых локомотивов, станционных путей и т. д.).

На железной дороге имеются **план формирования поездов, график движения поездов**, технические нормы работы железной дороги. На видах транспорта имеются **расписания движения** автобусов, поездов, самолетов.

И, наконец, издаются **приказы и инструктивные указания** Министерства транспорта, начальника Белорусской железной дороги, руководителей других видов транспорта, которые устанавливают нормативные требования по конкретным вопросам работы транспорта, регулируют оперативную обстановку на транспорте.

1.7 Нагрузка на транспортную систему

Нагрузку на транспортную систему определяют **транспортные потоки**. От их объемов зависит потребная мощность транспортной системы в целом

(станций, депо, участков, полигонов), потребность в подвижном составе, топливе, материалах и других ресурсах. Чем больше поток, тем выше нагрузка. Максимальный поток, который может быть пропущен по элементам сети в единицу времени, составляет пропускную (перерабатывающую) способность элементов сети или всей сети в целом. Здесь приходится решать две задачи: 1) определение оптимального транспортного потока на существующей транспортной сети. Если поток превышает это значение, сеть будет работать в режиме перегрузок, с заторами, отказами, экономическими потерями; 2) установление оптимальной мощности сети для пропускания заданных или спрогнозированных потоков.

О мощности потока можно судить лишь в том случае, когда известны значения транспортного потока и отрезок времени, в течение которого поток пропущен. Число транспортных единиц, пропущенных за единицу времени, называют интенсивностью транспортного потока. Интенсивность потока – величина переменная и носит в большинстве случаев вероятностный характер. Если обозначить поток за период времени t как $N(t)$, то средняя интенсивность потока в принятую единицу времени (час, сутки) составит

$$\bar{r}(t) = N(t) / t. \quad (1.1)$$

Пространственной характеристикой потока является его плотность – число транспортных единиц, приходящихся на единицу длины сети.

Если на участке сети длиной l км на каждый момент времени t_i будет находиться N_i транспортных единиц, то плотность потока на момент t_i будет

$$\lambda(t_i) = N_i(t_i) / l \quad (i = 1, 2, 3, \dots, n). \quad (1.2)$$

Поскольку на каждый момент времени t_i транспортные единицы на участке сети распределены неравномерно, с изменением t_i меняется и плотность потока $\lambda(t_i)$. Поэтому среднюю плотность потока рассчитывают на некотором временном интервале

$$\bar{\lambda}(t_i) = \sum \lambda(t_i) / n. \quad (1.3)$$

1.8 Понятие плотности транспортной сети

Реальное планирование перевозок невозможно организовать, не имея инструмента для измерения наличного оснащения, которым располагает вид транспорта.

Для оценки степени обслуживания государства транспортом и определения интенсивности использования путей сообщения употребляют термин "**эксплуатационная длина сети**", которая представляет собой суммарное протяжение всех линий, связывающих населенные пункты страны.

Обеспеченность территории страны или региона сетью путей сообщения нельзя определить лишь самой цифрой протяженности сети. Поэтому периодически эксплуатационную длину относят к площади территории (соответственно страны или региона), и получают плотность или густоту сети в километрах, обычно на 1000 км² территории. Часто длину сети делят на суммарную площадь сельскохозяйственных угодий (главным образом пашни) с целью оценки степени обслуживания транспортом сельского хозяйства. И, наконец, протяженность сети относят к численности населения страны (региона), устанавливая среднюю, условную обеспеченность транспортом жителей.

Существуют также интегральные коэффициенты для определения уровня насыщения страны транспортной сетью. К ним относятся:

- *плотность транспортной сети по отношению к территории*

$$d_{\tau} = L / S, \quad (1.4)$$

где L – длина территориальной сети, тыс.км; S – площадь территории в тыс. квадратных километров;

- *плотность транспортной сети по отношению к населению*

$$d_{\text{н}} = L / P, \quad (1.5)$$

где P – численность населения страны или региона в миллионах человек;

- *коэффициент Э. Энгеля*

$$d_{\text{э}} = L / \sqrt{SP}; \quad (1.6)$$

- *универсальный коэффициент (Ю. И. Успенского)*

$$d_{\text{у}} = L / \sqrt[3]{SPQ}, \quad (1.7)$$

где Q – суммарный вес всех видов материальной продукции и импортируемых грузов, млн т.

Если густоту рассчитывают для всей сети, то физическую протяженность путей различных видов транспорта посредством переводных коэффициентов приводят к сопоставимым условным длинам. Л. И. Василевский предложил следующие коэффициенты приведения

транспортных линий к 1 км железных дорог с учетом сопоставимых уровней их пропускной и провозной способности: для усовершенствованной автомагистрали – 0,45; для автодороги с обычным твердым покрытием – 0,15; для речного пути – 0,25; для магистрального газопровода – 0,30 и для нефтепровода среднего диаметра – 1.

1.9 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.

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 остальными видами 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.

1.10 Направления развития единой транспортной сети

Направления развития единой транспортной сети характеризуют принципиальные пути наращивания ее мощности. Они базируются как на научных разработках, так и на практическом опыте и складываются под влиянием роста грузовых и пассажирских потоков и научно-технического прогресса средств транспорта, который в свою очередь существенно зависит от предъявляемых к транспорту требований.

Основными чертами развития транспортной сети до распада Советского Союза были:

- систематическое наращивание мощности и совершенствование коммуникаций всех видов современного транспорта с опережающим развитием на последнем этапе специализированных путей сообщения;
- создание мощных транспортных магистралей с концентрацией на них основной массы межрайонных перевозок;
- интенсификация работы путей сообщения и других постоянных устройств транспорта за счет повышения их технического уровня.

Эти направления развития доказали свою высокую эффективность, обеспечив экономическое решение транспортных проблем республики.

В настоящее время в связи с падением объема грузовых перевозок пропускные и провозные способности транспорта используются неполностью, и отпала необходимость в наращивании перевозочных мощностей. Поэтому задача состоит в сохранении существующего технического оснащения транспорта и высококвалифицированных кадров.

В связи с резким подорожанием топлива и его недостатком возникла проблема сокращения потребления топливных ресурсов. Важной мерой, направленной на экономию топлива, является повышение массы транспортных единиц.

Возросла конкуренция между видами транспорта за привлечение грузов к перевозкам.

Актуальной остается проблема повышения скоростей, особенно в пассажирском движении. Планируется строительство скоростной железнодорожной магистрали Москва–Минск–Варшава–Берлин.

Проводятся работы по улучшению сервиса обслуживания пассажиров (открываются новые кассы по продаже билетов, производится реконструкция и строительство вокзалов, оснащение их автоматизированными системами «Экспресс» и т. д.)

Разрабатываются технические средства транспорта, пригодные для скоростного движения.

Большое внимание уделяется уменьшению вредного воздействия транспорта на окружающую среду.

Продолжается оборудование транспортных коммуникаций средствами АСУ, позволяющими более эффективно управлять транспортным процессом, обеспечивая высокую безопасность.

1.11 Основные показатели работы транспорта

Планирование, учет, анализ и оценка деятельности транспорта невозможны без комплекса показателей, с помощью которых измеряется объем и качество его работы. На каждом виде транспорта имеется своя система показателей, отражающих его специфику. Однако существует группа показателей, которая является единой для всех видов транспорта и государственных учетных органов. Такими являются показатели перевозочной работы.

Различают показатели количественные (объемные) и качественные.

К **количественным показателям** относятся:

- *объем перевозки грузов* в тоннах (т);
- *грузооборот* в тонно-километрах (т·км);
- *объем перевозки пассажиров* (чел.);
- *пассажирооборот* в пассажиро-километрах (пас·км).

Учет этих показателей обычно ведется нарастающим итогом за сутки, декаду, месяц, квартал, год.

Общий объем перевозки грузов определяется путем суммирования всех отправленных (перевезенных) тонн груза со всех пунктов данного подразделения:

$$P_1 + P_2 + \dots + P_n = \sum P, \quad (1.8)$$

где P_1, P_2, \dots, P_n – количество груза (в тоннах), отправленного соответственно с 1-го, 2-го, ..., n-го пунктов сети за определенный период времени. На железнодорожном транспорте ежедневно также учитывается погрузка числа вагонов в целом и по важнейшим родам грузов.

Грузооборот учитывает не только массу (тоннаж) перевезенного груза, но и расстояние его перевозки:

$$P_1 l_1 + P_2 l_2 + \dots + P_n l_n = \sum Pl, \quad (1.9)$$

где $P_1 l_1, P_2 l_2, \dots, P_n l_n$ – грузооборот отдельных партий груза (P_1, P_2, \dots, P_n) при соответствующем расстоянии их перевозки (l_1, l_2, \dots, l_n).

Общий объем перевозки пассажиров определяется обычно за год:

$$\sum a = a_1 + a_2 + \dots + a_n, \quad (1.10)$$

где a_1, a_2, \dots, a_n – число отправленных (перевезенных) пассажиров с 1-го, 2-го, ..., n-го пунктов.

Пассажирооборот – сумма произведений числа пассажиров на соответствующее расстояние их перевозки:

$$\sum al = a_1 l_1 + a_2 l_2 + \dots + a_n l_n, \quad (1.11)$$

где l_1, l_2, \dots, l_n – дальность перевозки соответственно каждой группы пассажиров.

Грузооборот и пассажирооборот называют *продукцией транспорта*. Для определения её суммарной величины по грузовому и пассажирскому движению введен показатель *приведенного грузооборота*. На разных видах транспорта он рассчитывается так:

$$\sum Pl_{\text{прив}} = \sum Pl + \kappa \sum al, \quad (1.12)$$

где κ – коэффициент перевода пассажиро-километров в тонно-километры.

Значение этого коэффициента на каждом виде транспорта своё. На железнодорожном транспорте $\kappa = 2$; на автомобильном – $\kappa = 0,4$; морском – $\kappa = 1$, речном – $\kappa = 10$; воздушном – $\kappa = 0,09$. Различие в определении приведенного грузооборота на разных видах транспорта обусловлено спецификой их работы, а также несовершенством самих методик.

Качественные показатели. Рациональность транспортных связей в стране оценивается показателем *средней дальности перевозки* 1 т груза и 1-го пассажира в километрах:

$$\bar{l}_t = \sum Pl / \sum P \quad \text{и} \quad \bar{l}_n = \sum al / \sum a. \quad (1.13)$$

Важным качественным показателем перевозочной работы для каждого вида транспорта является *скорость доставки грузов и пассажиров* на всем пути их следования – от пункта первоначального отправления до пункта назначения. Если известны средняя дальность перевозки 1 т грузов и соответственно одного пассажира и среднее время, затраченное на перевозку одной тонны груза (пассажира), то скорость доставки

$$v_d = \bar{l} / \bar{t}. \quad (1.14)$$

На всех видах транспорта используются показатели, характеризующие экономическую эффективность (качество) работы. К ним относятся:

- *себестоимость перевозок* (за 10 т·км, 10 пасс·км и 10 приведенных т·км). На любом виде транспорта

$$c_{гр} = \mathcal{E}_{гр} 10 / \sum Pl \text{ и } c_{пас} = \mathcal{E}_{пас} 10 / \sum al, \quad (1.15)$$

где $\mathcal{E}_{гр}$ и $\mathcal{E}_{пас}$ – текущие эксплуатационные расходы за расчетный период, соответственно по грузовому и пассажирскому движению, руб.; $\sum Pl$ и $\sum al$ – выполненные грузо- и пассажирооборот за тот же период;

- *себестоимость в приведенных тонно-километрах*

$$c_{прив} = 10 (\mathcal{E}_{гр} + \mathcal{E}_{пас}) / (\sum Pl + \kappa \sum al). \quad (1.16)$$

В числитель этих формул включаются:

- на железнодорожном транспорте – все текущие расходы, связанные с перевозками;
- на морском транспорте – расходы на содержание плавсостава и эксплуатацию флота;
- на речном транспорте – расходы, связанные с перевозками, за исключением расходов на содержание водного пути, погрузочно-разгрузочные работы и подсобно-вспомогательные хозяйства;
- на автомобильном транспорте – расходы, связанные с перевозками грузов и пассажиров, за исключением расходов на содержание автомобильных дорог.

Текущие расходы состоят из основных и накладных. К *основным* относятся: заработная плата работникам, непосредственно участвующим в перевозках; начисления на заработную плату; затраты на топливо и материалы; затраты на текущий ремонт и техническое обслуживание подвижного состава; отчисления на амортизацию основных средств; стоимость запчастей; прочие расходы. К *накладным* расходам относят затраты, связанные с управленческой деятельностью.

Производительность труда определяется по формуле

$$W_T = \sum Pl_{прив} / R, \quad (1.17)$$

где $\sum Pl_{прив}$ – расчетные приведенные тонно-километры за год; R – среднесписочное количество работников, связанных с перевозками за год.

Выполняя перевозку грузов или пассажиров, транспорт одновременно производит свою техническую (механическую) работу в виде пробега соответствующих видов подвижного состава. Для учета и анализа **технической работы** на каждом виде транспорта существует комплекс количественных и качественных показателей.

К количественным показателям относятся: суммарный пробег подвижного состава, исчисляемый, например, в поездо-километрах, вагоно-километрах, судо-километрах и т. п. и расчлененный обычно на пробег в груженом и порожнем состояниях; количество грузовых операций, выполняемых в пунктах отправления и назначения; число единиц подвижного состава, переданных от одних подразделений транспорта к другим (ввоз, вывоз, местное сообщение, транзит, прием, сдача) и др.

К качественным показателям относятся: оборот транспортной единицы (вагона, локомотива, судна, автомобиля, самолета) в часах или сутках; статическая и динамическая нагрузка подвижного состава (вагонов, судов, автомобилей и т. п.) в тоннах; коэффициент использования пробега, или, иначе, процент груженого пробега транспортной единицы к общему пробегу за расчетный период; средняя продолжительность работы транспортной единицы за сутки в часах; коэффициент использования парка подвижного состава, т. е. процент работающих единиц от общего списочного их наличия; производительность транспортной единицы в тонно-километрах за расчетный период (сутки, год) и другие показатели.

К важнейшим временным показателям из названных относятся: оборот, среднесуточный пробег и скорость движения транспортных единиц.

Оборот – время (в сутках или часах), затрачиваемое транспортной единицей на выполнение одного перевозочного цикла. Это время исчисляется от одной загрузки подвижной единицы до следующей очередной загрузки. За это время подвижная единица участвует: в начальной операции, включая погрузку; в следовании от пункта отправления к пункту назначения; в конечной операции, при которой совершается выгрузка; в следовании в порожнем состоянии к пункту новой очередной погрузки.

Принципиальная формула для определения оборота транспортной единицы имеет вид

$$\theta = l_{\text{полн}} / v_{\text{ср}} + t_{\text{нач}} + t_{\text{кон}}, \quad (1.18)$$

где $l_{\text{полн}}$ – полное расстояние, проходимое подвижной единицей за оборот (полный рейс) и состоящее из груженой и порожней частей ($l_{\text{полн}} = l_{\text{гр}} + l_{\text{пор}}$), км; $t_{\text{нач}}$ и $t_{\text{кон}}$ – время нахождения в пунктах погрузки и выгрузки, ч; $v_{\text{ср}}$ – средняя скорость движения в рейсе, км/ч.

Ускорение оборота подвижного состава составляет одну из главнейших задач работников каждого вида транспорта: чем меньше оборот, тем большую перевозочную работу можно выполнить наличным парком подвижных средств.

Среднесуточный пробег – количество километров, которое проходит в среднем каждая транспортная единица за сутки. В общем случае

среднесуточный пробег состоит из пробега в груженом и порожнем состояниях и находится в следующей функциональной связи с оборотом:

$$S = l_{\text{полн}} / \theta. \quad (1.19)$$

Если известен общий пробег подвижного состава, то среднесуточный пробег транспортной единицы

$$S_n = (\sum nS) / n \text{ или } S_m = (\sum MS) / M, \quad (1.20)$$

где $\sum nS$ и $\sum MS$ – общий пробег соответственно прицепного (вагонов, барж, автомобильных прицепов и др.) и самодвижущегося подвижного состава (локомотивов, самоходных судов, автомобилей, самолетов) за сутки; n и M – рабочий или эксплуатируемый парк соответственно прицепного и самодвижущегося подвижного состава.

Необходимо стремиться к увеличению S , т. е. к повышению интенсивности использования подвижного состава.

Часовая скорость движения транспортных единиц на различных видах транспорта имеет разные исторически сложившиеся наименования и рассчитывается с учетом специфики каждого из них. Различают четыре категории скоростей:

- *ходовая* (без учета затрат времени на разгон и замедление); на воздушном транспорте она называется *крейсерской*;

- *техническая* – средняя скорость движения с учетом затрат времени на разгон и замедление, но без учета затрат времени на стоянки на промежуточных пунктах;

- *эксплуатационная* или *коммерческая*, которая на железнодорожном транспорте называется *участковой*. Это средняя скорость движения с учетом затрат времени на разгоны, замедления и стоянки на промежуточных пунктах в пределах участка (плеча). На автомобильном транспорте эксплуатационная скорость определяется как расстояние, пройденное автомобилем за сутки и поделенное на время его работы в часах за данные сутки;

- *маршрутная* – средняя скорость движения на всем пути следования транспортной единицы от её формирования до расформирования (применяется к железнодорожному поезду, автопоезду, речному составу и т. п.).

Использование грузоподъемности транспортного средства характеризуется на грузам и – статической и динамической.

Статическая нагрузка (в тоннах перевезенного груза) характеризует качество использования грузоподъемности каждой транспортной единицы в

среднем на стадии её первоначальной загрузки. Средняя статическая нагрузка за сутки, месяц, год на единицу рабочего (эксплуатируемого) парка для сети может быть рассчитана по формуле

$$P_{ст} = (\sum P\theta) / (TN), \quad (1.21)$$

где θ – оборот единицы парка; T – расчетный период, сутки; N – рабочий парк.

Динамическая нагрузка, в отличие от статической, показывает уровень использования грузоподъемности транспортных средств с учетом пробега их до пункта назначения. Чем больше пробег полногрузных единиц по сравнению с малогрузными (с недоиспользованием грузоподъемности), тем выше средняя динамическая нагрузка, и наоборот. Средняя динамическая нагрузка на единицу рабочего парка (в тоннах) определяется по формуле

$$P_{дин} = (\sum Pl_{сут}) / (\sum nS). \quad (1.22)$$

Важнейшим показателем, отражающим степень использования подвижного состава и по времени, и по грузоподъемности является *производительность транспортной единицы* (вагона, автомобиля, судна, самолета), измеряемая числом тонно-километров или пассажиро-километров за сутки, приходящихся на каждую единицу рабочего парка:

$$W = S_{сут} P_{дин}. \quad (1.23)$$

Производительность тяговой единицы парка

$$W_M = (\sum Pl) / (TM), \quad (1.24)$$

где M – рабочий (эксплуатируемый) парк тяговых транспортных единиц.

Рабочий парк для грузовых перевозок

$$n = (\sum P\theta) / (Tq\gamma), \quad (1.25)$$

где $\sum P$ – заданный объем перевозок грузов в единицу времени (обычно сутки), т; θ – оборот единицы парка, сутки; q – грузоподъемность единицы парка, т; γ – коэффициент использования грузоподъемности, равный $P_{ст} / q$.

Для оценки уровня нагруженности линии сети путей сообщения используются **показатели удельной интенсивности перевозок**:

- *интенсивность грузовых перевозок* линии или сети измеряется средней грузонапряженностью ($\Gamma_{Г}$) в ткм/км в год, которая подсчитывается по формуле

$$\Gamma_{Г} = (\sum Pl) / L_{экс}, \quad (1.26)$$

т. е. это количество тонно-километров в год, приходящееся на 1 км эксплуатационной длины линии или сети ($L_{экс}$);

- *интенсивность пассажирских перевозок* ($\Gamma_{П}$) в пас.км/км в год, оценивается *пассажиронапряженностью*,

$$\Gamma_{П} = (\sum l) / L_{экс}. \quad (1.27)$$

Общая интенсивность грузовых и пассажирских перевозок измеряется *приведенной грузонапряженностью* (приведенной густотой)

$$Г = (\sum Pl + \kappa \sum al) / L_{\text{экс}}. \quad (1.28)$$

Грузонапряженность (пассажиронапряженность) отражает не только объем, но и качество работы транспорта, показывая, какой годовой объем продукции (в тонно-километрах) даёт каждый километр сети. Этот показатель также характеризует способность сети выполнять тот или иной размер перевозок.

1.12 Механизация погрузочно-разгрузочных и складских работ на транспорте

Погрузочно-разгрузочные работы на железнодорожном транспорте выполняются на грузовых дворах станций и подъездных путях промышленных предприятий, на водном транспорте – в портах и на пристанях, на воздушном транспорте – в аэропортах, на автомобильном транспорте – грузовых автостанциях. Кроме того, автомобильный транспорт обеспечивает перевозки грузов от складов отправителей до складов получателей; завоз (вывоз) грузов на железнодорожные станции, порты, пристани, аэропорты; обслуживание розничной торговой сети и др.

В зависимости от характеристики грузов их хранение осуществляется в крытых складах, на крытых и открытых площадках.

Организация складов обуславливается необходимостью накопления и комплектации партий грузов для перемещения на транспорте и приема их для потребления.

Погрузочно-разгрузочные работы могут выполняться ручным, полумеханизированным, механизированным или автоматизированным способами.

Ручной способ – это погрузка или разгрузка без применения механизмов; *полумеханизированный* – с применением ручного труда и механизмов (ручные тележки, тали, рольганги, лотки и т. п.); *механизированный* – с помощью механизмов, которыми управляет человек; *автоматизированный* способ – погрузка и разгрузка без непосредственного участия человека в процессе.

По принципу действия рабочего органа все погрузочно-разгрузочные средства подразделяют на механизмы прерывистого (циклического) и непрерывного действия (рисунок 1.8).

Машины прерывистого действия работают, многократно повторяя рабочий цикл, который включает: взятие, перемещение груза, освобождение от его и возвращение рабочего органа за очередной партией груза.

В машинах непрерывного действия рабочий орган непрерывно

перемещает груз.

Производительность погрузочного или разгрузочного средства определяется количеством погруженного или разгруженного груза за определенный период (час, смена, сутки, месяц, год).

Производительность погрузочно-разгрузочных средств без учета потерь рабочего времени и конкретных особенностей принято называть теоретической.

Различают также техническую и эксплуатационную производительность.

Техническая – это возможная производительность в конкретных условиях работы погрузочного или разгрузочного средства при полном использовании времени его работы.

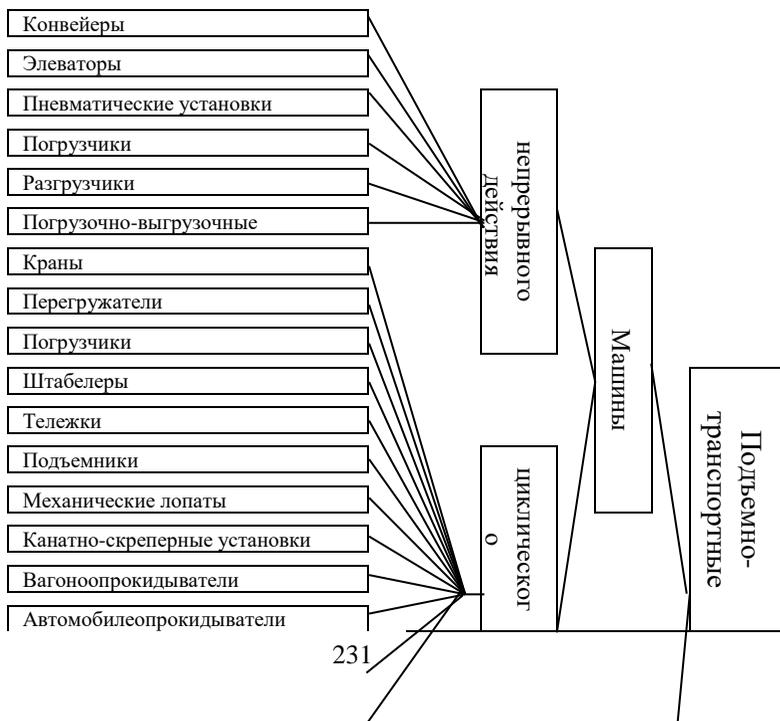
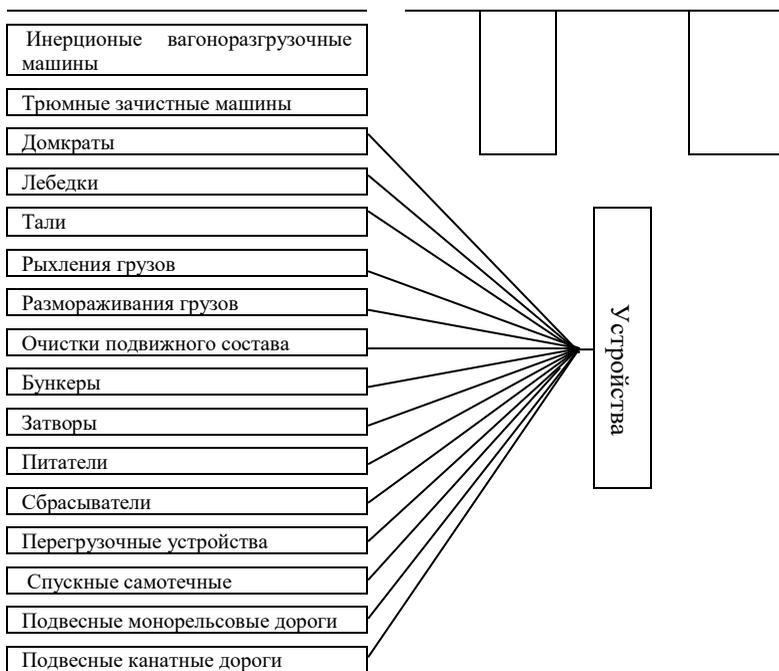


Рисунок 1.8 – Классификация средств механизации п



Эксплуатационная производительность учитывает возможные потери рабочего времени и является произведением технической производительности на коэффициент использования рабочего времени (отношение времени выполнения погрузочно-разгрузочных работ к общему рабочему времени).

Потери рабочего времени погрузочно-разгрузочных средств обуславливаются необходимостью перемещения средства с поста на пост, смены рабочего оборудования и приспособлений, проведения технического обслуживания, организационными причинами.

Улучшение условий работы и повышение коэффициента использования рабочего времени погрузочно-разгрузочных средств позволяют приблизить их эксплуатационную производительность к теоретической.

Теоретическая часовая производительность механизма циклического действия определяется по формуле

$$W_{ц} = 3600q_{ц} / t_{ц}, \quad (1.29)$$

где $q_{ц}$ – количество груза, перемещаемого за один цикл; $t_{ц}$ – продолжительность цикла, с.

Продолжительность цикла определяется временем выполнения

отдельных элементов процесса:

$$t_{ц} = t_{з} + t_{пр} + t_{ос} + t_{пх}, \quad (1.30)$$

где $t_{з}$ – время захвата (взятия) груза, с; $t_{пр}$ – время перемещения рабочего органа с грузом, с; $t_{ос}$ – время освобождения рабочего органа от груза, с; $t_{пх}$ – время обратного холостого перемещения рабочего органа, с.

Теоретическая часовая производительность погрузочного или разгрузочного средства непрерывного действия

$$W_{н} = 3600q_{н}v_{н}, \quad (1.31)$$

где $q_{н}$ – удельная нагрузка груза на 1 м рабочего органа, кг; $v_{н}$ – линейная скорость движения рабочего органа с грузом (ленты конвейера и т.п.), м/с.

Например, при перемещении штучных грузов $q_{н}$ будет представлять отношение массы единицы груза q_1 к шагу расположения единиц груза на транспортирующей ленте s , т. е. $q_{н} = q_1/s$. При перемещении навалочного груза $q_{н}$ представляет собой массу груза, размещающегося на 1 м транспортирующей ленты. Если поперечное сечение груза на ленте $S_{н}$ выразить в м², а плотность груза ρ – в т/м³, то для навалочного груза $q_{н}$ можно определить по формуле

$$q_{н} = S_{н} l \rho / l = S_{н} \rho, \quad (1.32)$$

где l – длина рассматриваемого участка транспортирующей ленты, м.

Для шнекового конвейера $q_{н}$ определяется по формуле

$$q_{н} = S_{ш} \rho, \quad (1.33)$$

где $S_{ш}$ – полезное поперечное сечение шнека, м².

Полезное поперечное сечение шнека определяется следующим образом:

$$S_{ш} = \pi d^2 / 4, \quad (1.34)$$

где d – диаметр шнека, м.

Линейная скорость груза в шнековом конвейере

$$v_{н} = h_{ш} \omega_{ш}, \quad (1.35)$$

где $h_{ш}$ – шаг винта, м; $\omega_{ш}$ – частота вращения шнека, с⁻¹.

Для механизмов с гидравлическим или пневматическим перемещением груза $q_{н}$ определяется по формуле

$$q_n = \pi d^2 \rho \mu / 4, \quad (1.36)$$

где d – диаметр трубопровода, м; μ – долевое содержание груза по объему в 1 м^3 смеси его с водой или воздухом.

Линейная скорость груза при гидравлическом (пневматическом) перемещении груза определяется скоростью движения смеси в трубопроводе.

Потребное число погрузочно-разгрузочных средств определяется из следующего выражения:

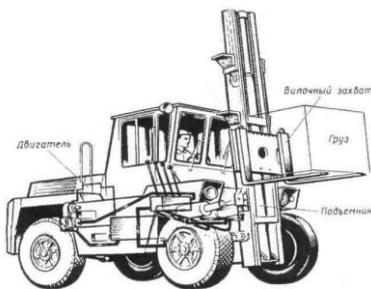
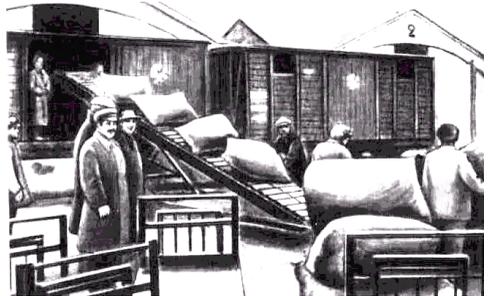
$$n_n = Q_n / W_3 = Q_n / (W_T \eta_p), \quad (1.37)$$

где Q_n – объем часового грузооборота пункта; W_3 – часовая эксплуатационная производительность погрузочно-разгрузочного средства; W_T – часовая техническая производительность погрузочно-разгрузочного средства; η_p – коэффициент использования рабочего времени погрузочно-разгрузочного средства.

Для механизации погрузочно-разгрузочных работ еще в XIX в. использовались простейшие транспортеры (рисунок 1.9).

Грузовые дворы современных железнодорожных станций оснащают всевозможными машинами и механизмами: подъемными кранами, автопогрузчиками, конвейерами, электролебедками, электротележками. Среди них своей универсальностью отличаются автопогрузчики (рисунок 1.10).

Снабженные различными рабочими приспособлениями (рисунок 1.11), они могут быстро поднять самый разнообразный груз, будь то бочки или трубы, лес или уголь, стальной лист или кирпич, перевезти его на значительное расстояние и уложить в вагоне или в отведенном для него месте на грузовом дворе.



Особенно незаменимыми автопогрузчики стали с тех пор, как многочисленными, так называемые тарные и штучные грузы небольших размеров стали собирать для перевозки по несколько штук вместе (формировать пакеты) и

укладывать на специальные подставки-поддоны. Автопогрузчики своими вилочными захватами легко подхватывают такие поддоны с грузом и быстро доставляют их в вагоны или из вагонов в склады. Никакого ручного труда, все делает автопогрузчик.

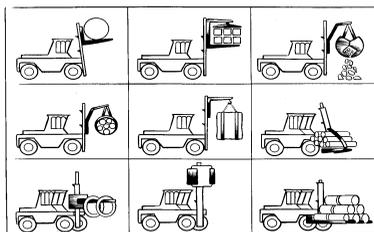
Для выгрузки из вагонов навалочных грузов (уголь, щебень, гравий, песок и др.) применяются эстакады (повышенные пути). Эстакада – это железнодорожный путь, поднятый над землей на высоту 3–4 метра с помощью насыпи или железобетонных ферм. Ло-

комотив надвигает на эстакаду состав полувагонов с сыпучим грузом. Рабочие открывают люки, и груз высыпается к подножью эстакады. А с помощью автопогрузчиков, оборудованных

специальными захватами – ковшами, груз загружают в автомобили и отправляют по

адресам.

вагонов-



Примерно так же происходит и разгрузка зерновозов, только зерно высыпается не на открытую площадку, а в специальные

емкости – бункера, а оттуда самотеком – в кузова автомобилей.

Аналогично разгружают и вагоны-цементовозы.

Рисунок 1.11 – Оборудование автопогрузчиков грузозахватными приспособлениями

Если же цемент перевозят в специальных цистернах, то применяются специальные пневматические установки, которые нагнетают цемент в цистерны при загрузке и "высасывают" его при выгрузке. Грузоподъемные краны и перегружатели (рисунок 1.12),

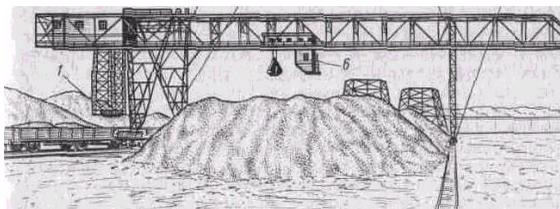
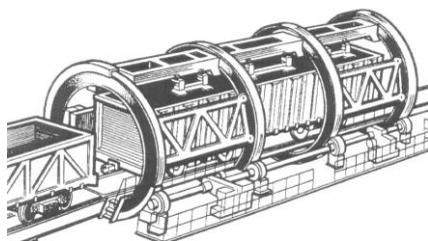


Рисунок 1.12 – Мостовой рейферный перегружатель

обеспечивающие подъем груза, перемещение его на незначительное расстояние и опускание с помощью грузозахватного устройства, являются одним из наиболее

распространенных средств механизации погрузочно-разгрузочных работ на промышленных предприятиях, строительных площадках, в речных и морских портах, на железнодорожном транспорте и т. д. Они имеют пролетное строение, соединенное с опорами, опирающимися на ходовые тележки крана, в которых установлены ходовые колеса крана.

Для выгрузки сыпучих грузов на подъездных путях крупных промышленных предприятий применяют специальные машины – вагоно-опрокидыватели (рисунок 1.13). В вагоноопрокидывателе, представляющий собой большой металлический барабан, локомотивом загоняют вагон и закрепляют мощными захватами.



Барабан при помощи специальных механизмов, приводимых в движение электродвигателями, вращается и опрокидывает вагон вверх дном.

Вагоноопрокидыватели устанавливают в пунктах массовой разгрузки и перевалки грузов. Это предприятия коксохимической промышленности и металлургические заводы, крупные электростанции и заводы строительной индустрии, тяжелого машиностроения, морские и речные порты, перерабатывающие в год 1 миллион тонн грузов и более.

В России первое такое сооружение было построено в Мариупольском порту в конце XIX века. Два вагоноопрокидывателя обеспечивали продольный наклон вагонов с выгрузкой через торцовые стенки. Позднее были построены вагоноопрокидыватели с боковой разгрузкой роторного и башенного типов, а затем – комбинированные.

Зимой уголь, руда, песок, да и другие сыпучие грузы смерзаются. Поэтому их, прежде чем выгрузить, предварительно размораживают в специальных помещениях – тепляках, куда подается горячий воздух.

А если тепляков нет, то используют специальное устройство – виборыхлитель. Его металлические заостренные штыри силой вибрации вонзаются в груз и разрыхляют его.

Для погрузки и выгрузки тяжеловесных и длиномерных грузов на железнодорожных станциях широко используются козловые краны (рисунок 1.14).

Одним из важных звеньев грузовой станции является контейнерная площадка – терминал. Сюда каждые сутки прибывают и отсюда отправляются сотни контейнеров грузоподъемностью 3, 5, 10 и 20 тонн каждый. Их надо снять с платформы или автомобиля, поставить в определенном месте площадки, а затем на платформу или автомобиль. Эти операции выполняются с помощью различных кранов и погрузчиков-автоконтейнеровозов (рисунок 1.15).

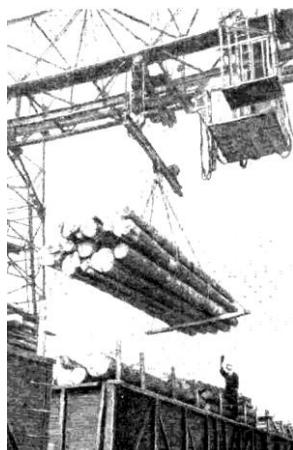


Рисунок 1.14 – Погрузка леса в вагоны козловым краном

В тех местах, где железнодорожная колея подходит к морю или встречается с большой судоходной рекой, сооружают портовые станции. Расположившись у самой воды, они служат тем звеном, которое соединяет железную дорогу с речным и морским транспортом. Здесь грузы, закончив свое путешествие по воде, покидают трюмы кораблей. Мощные краны (рисунок 1.16), вертикальные погрузчики и кажущиеся бесконечными конвейеры перегружают их в железнодорожные вагоны для доставки по назначению. Освободившиеся трюмы заполняют грузами, которые были привезены по железной дороге и путь которых дальше лежит по воде.



Рисунок 1.15 – Погрузчик-автоконтанеровоз

При выполнении грузовых операций с ломом черных металлов в качестве грузозахватного устройства широко используются электромагниты (рисунок 1.17).

Чтобы грузы можно было удобнее и быстрее перегружать из кораблей в вагоны, а из вагонов в корабли, портовые станции имеют специальные перегрузочные пути. Они уложены на причалах, своеобразных морских или речных перронах, к которым причаливают корабли. Как только в порт прибывает корабль с грузом, к нему подают порожние вагоны, и перегрузка начинается.



Рисунок 1.16 – Стреловые порталные краны

Если грузы из трюмов кораблей перегружают непосредственно в вагоны, такой вариант принято называть "прямым". Он выгоден и водникам, и железнодорожникам, и всему народному хозяйству. Корабли и вагоны не ожидают друг друга, а грузы не залеживаются на складах и быстрее попадают к местам назначения. Вот почему так важна согласованность в работе различных видов транспорта.

Для погрузки и разгрузки навалочных и сыпучих грузов применяют в основном одноковшовые экскаваторы, грейферы, самоходные одноковшовые погрузчики, бункеры.

Погрузка и разгрузка наливных грузов

выполняется гидравлическими насосами (перекачивающими средствами), установленными на цистерне (или вне ее), а также самотеком.

При механизации небольших объемов погрузочно-разгрузочных работ применяют автомобильные краны (рисунок 1.18).

Погрузка пылевидных грузов при перевозке их в цистерне может производиться из бункера (силоса) через шнековые или пневматические питатели, а также пневматическим устройством для самопогрузки за счет создания разрежения в цистерне, разгрузка – с помощью установленной на цистерне пневматической установки или шнекового устройства.

Жидкие и пылевидные грузы перевозят в контейнерах-цистернах и мягких контейнерах.

Загрузка зерна на автомобили в поле производится непосредственно из бункеров комбайнов (или из передвижных накопителей-перегрузателей), на токах – с помощью зер-нопогрузчиков, оборудованных питателями и транспортерами, а также бункеров.

При перевозке картофеля и свеклы навалом используется самосвальный подвижной состав,

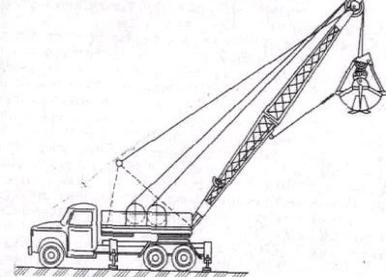


Рисунок 1.18 – Автомобильный кран с прямой стрелой и

самосвальными установками автомобиля, автомобилеразгрузчиками и гидросмывным способом (мощной струей воды).



Рисунок 1.17 – Разгрузка металла электромагнитом

автомобилеразгрузчики (рисунок 1.19), ленточные транс-портеры. Широко применяется контейнерный способ.

Свеклу загружают на автомобили и автопоезда непосредственно в поле из свеклоуборочного комбайна; у дороги – тракторными прицепами-перегрузчиками, а из кагатов (буртов) – свеклопогрузчиками. На сахарных

при закладке в бурты ее выгружают буртоукладчиками, а на переработку –



Механизация погрузочно-разгрузочных работ является одним из главных резервов повышения производительности труда на транспорте. Оснащение грузовых фронтов высокопроизводительными перегрузочными устройствами способствует увеличению интенсивности выполнения погрузочно-разгрузочных работ, сокращению простоя транспорта.

Рисунок 1.19 – Автомобилеразгрузчик

1.13 Крупнейшие транспортные сооружения мира

Характеристика крупнейших транспортных сооружений мира приведена в таблицах 1.2 – 1.5.

Т а б л и ц а 1.2 – Крупнейшие железнодорожные тоннели

Название	Длина, м	Количество 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) – Китаюсю (о. Кюсю)	1975
Аппенинский	18519	2	Италия	Болонья–Флоренция	1934
Рокко	16250	2	Япония	Осака–Кобе	1972
Фурка	15400	1	Швейцария	Кур – Бриг	1979
Северомуйский	15300	1	Россия	Братск–Комсомольск-на-Амуре	–
Сен-Готард	15003	2	Швейцария	Базель – Милан	1882
Ла-Манш	49000	2	Франция, Англия	–	1994

Т а б л и ц а 1.3 – Крупнейшие мосты зарубежных стран

Континент и название моста	Страна, город	Вид препятствия	Назначение	Длина, м	Год постройки (реконструкции)
ЕВРОПА					
Тангенциале	Италия, Милан	Городская территория	Городской	8000	–
Эланд	Швеция,	Пролив	Автодорож	6070	1972

	Кальмар	Кальмарсунд	ный		
Палья	Италия, Орвието	Река Палья	Автоморож ный	5374	1974
–	Дания и Швеция	Балтийское море	Автоморож но- железнодорож ный	13401	1996
АЗИЯ					
Нанкинский	Китай, Нанкин	Река Янцзы	Совмещен ный	6772	1969
Патна	Индия, Патна	Река Ганг	Автоморож ный	5575	1973
Тхонг-ланг	Вьетнам, Ханой	Река Хонгкха	Совмещен ный	5500	1984
АФРИКА					
Картер	Нигерия, Лагос	Лагуна Лагос	Автоморож ный	5000	1980
Лоуэр-Замбези	Мозамбик, Сена	Река Замбези	Железнодорож ный	3677	1972
СЕВЕРНАЯ АМЕРИКА					
Пончартрейн I	США, Новый Орлеан	Озеро Пончартрейн	Автоморож ный	38422	1959
Пончартрейн II	США, Новый Орлеан	Озеро Пончартрейн	Автоморож ный	38352	1969
ЮЖНАЯ АМЕРИКА					
Рио-Нитерой	Бразилия, Рио- де-Жанейро и Нитерой	Бухта Гуанабара	Автоморож ный	13900	1972
Хенераль- Рафаэль- Урданета	Венесуэла, Маракайбо	Озеро Маракайбо	Автоморож ный	8678	1962
АВСТРАЛИЯ					
Брисбен- Редклифф	Австралия, Брисбен	Залив Брамбл	Автоморож ный	2760	1979

Самый крупный в мире железнодорожный вокзал – "Гранд Централ Терминал" (Нью-Йорк), построен в 1903–1913 годах. Вокзал имеет "двухуровневую" структуру, занимает площадь 19 га. На верхнем "уровне" имеется 41 путь, на нижнем – 26. В среднем ежедневно более 550 поездов и 180 000 пассажиров пользуется им, причем 3 июля 1947 года здесь побывало рекордное число пассажиров – 252 288 человек.

Т а б л и ц а 1.4 – Важнейшие судоходные каналы

Название (страна)	Длина, км	Ширин а, м	Глубина на фарватере , м	Океаны (моря), реки (каналы) или населенные пункты, соединяемые каналом	Год постройки (реконструкци и)
Береговой (США)	5580	40–60	2,8–13,0	Бостон (на Атлантическом побережье) –	1972

				Браунсвил (Мексиканский залив)	
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	835 540	37,5 50	3,6 3,6	Озера Эри и Шамплейн – река Гудзон Озеро Эри – река Гудзон	1918 1925

Т а б л и ц а 1.5 – Крупнейшие автодорожные тоннели

Название	Длина, м	Число полос движения	Страна	Города, соединяемые автодорогой	Год ввода в эксплуатаци ю
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 (двухтонне льный)	10885	4	Япония	Токио – Ниигата	1976
Гран- Сассо (двухтонне льный)	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

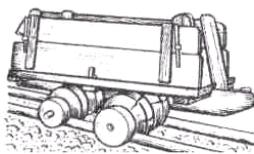
Неотъемлемой частью многочисленных машин стало то самое колесо, которое принято считать одним из выдающихся изобретений человечества.

Идею создать колесо подала человеку сама природа. Наблюдая за тем, как ветер гонит травяной шар "перекати поле", как бобры, свалив дерево, катят его к месту "стройки", люди стали подкладывать под полозья круглые бревна. Позже в полозьях стали делать полукруглые вырезы и вставлять в них катки. Катки оказались ближайшими предшественниками сплошного колеса на оси. Возок на таких катках катился почти как на колесах.

Благодаря колесу исчезло трение скольжения и вместо него появилось трение качения, преодолевать которое человеку стало во много раз легче. С появлением телег на колесах начали строить дороги. Древние греки

строили дороги, состоящие почти на всей своей протяженности из колеи, высеченной в камне. Так возникли первые колеевые дороги.

В XVI веке на рудниках появились первые рельсы – гладкие деревянные брусья (рисунки 2.1–2.3), уложенные на лежни, зарытые в землю. Они и стали прообразом современных железных дорог. Телега по таким рельсам катилась легче, чем по земле, и лошадь могла везти значительно больший груз. Но деревянные рельсы



были недолговечны, их

Рисунок 2.1 – Рудничная дорога

поверхность очень скоро становилась неровной.

Люди искали замену для дерева и нашли ее: на смену дереву пришел металл.

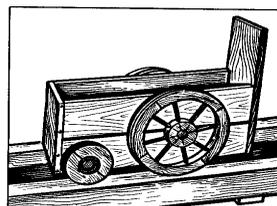


Рисунок 2.2 – Деревянная грузовая тележка, использовавшаяся на венгерских шахтах в XVI–XVII веках для перевоз-

Для предохранения поверхности брусьев от износа их покрывали железными полосами или уголками и таким образом пришли к мысли об использовании металлических рельсов. В 1764 году гениальный русский гидротехник Козьма Дмитриевич Фролов построил на Алтае на берегах двух рек Змеевки и Корбалихи, где раскинулся Змеиногорский рудник, первое в мире полностью механизированное предприятие по добыче и обработке руды. На этом предприятии вагонетки, груженные рудой, перемещались по первым в мире металлическим рельсам. На этом же

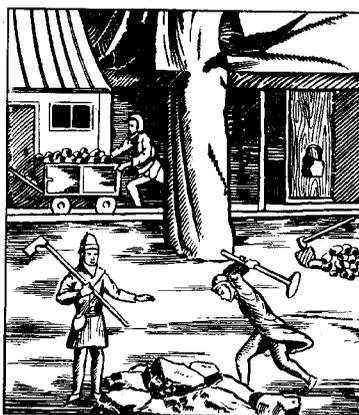


Рисунок 2.3 – Иллюстрация из книги "Космография", изданной в Германии

руднике Фролов сделал первую попытку использовать для передвижения вагонеток механическую силу. Они двигались с помощью вращаемых водой колес, лебедок и канатов.

Рельсовый путь Фролова намного опередил подобные изобретения за пределами России, в частности и "первый рельсовый путь" англичан, который появился на металлургических заводах Дерби в графстве Йоркшир лишь спустя четыре года.

Успех Фролова не был единичным. В 1788 году на Александровском чугунолитейном заводе в Петрозаводске под руководством А. С. Ярцева была построена чугунная дорога длиной 174 м из отдельных звеньев рельсов, отлитых вместе с металлическими шпалами. На этой дороге впервые был применен цельнолитой стрелочный перевод. Рельсы этого пути были уголковые. Можно предполагать, что подобные "чугунки", так называли в то время первые рельсовые пути, существовали в те годы и на других металлургических заводах.

По ровной поверхности чугунных рельсов повозки катились еще лучше, и теперь уже одна лошадь могла везти несколько телег. Так, задолго до изобретения паровоза появился первый железнодорожный поезд.

Развитие рельсового транспорта в России продолжалось. В 1806 году сын Фролова Петр Фролов, которого по праву называют пионером рельсового транспорта, идя по стопам отца, предложил проект постройки чугунных дорог. По его замыслу чугунные дороги должны были дополнить естественные водные пути и каналы. Проект не нашел поддержки, его автор смог лишь добиться разрешения на постройку опытной дороги протяженностью 1867 метров. И в 1810 году первая в России рельсовая дорога с конной тягой вошла в строй. Она отличалась от приспособленных к рельефу местности английских дорог тем, что была строго горизонтальной благодаря постройке моста, виадука и выемки. Чугунные рельсы, уложенные на дороге, имели выпуклую поверхность катания, а колеса вагонеток – желобовидную. Рельсы опирались на продольные деревянные брусья, а последние – на деревянные шпалы.

Состав из трех вагонеток тянула одна лошадь, перевоза за день до 65 тонн руды. Путь в оба конца занимал полтора часа. Фролов применил также поворотный круг для перемещения состава на боковые ветки. Транспортировка такого количества руды по грунтовой дороге потребовала бы 25 лошадей. Начальство с удовлетворением отметило, что на Змеиногорской дороге *"Выгода к перевозке руд против обыкновенной перевозки столь очевидна, что делает честь основателю оной"*. Дорога превосходила все подобные сооружения, имевшиеся в то время за рубежом. Лишь спустя 17 лет подобная дорога была построена в Америке. Тем не

менее, фроловские проекты больших рельсовых дорог так и не были осуществлены.

Рельсовые пути на Змеиногорском руднике и Александровском заводе, конная "чугунка" Петра Фролова были первыми прообразами железных дорог наших дней.

В то время промышленность бурно развивалась: строились фабрики, открывались новые рудники и шахты, крепло сталелитейное производство. Развивающейся промышленности уже не хватало энергии, которую давали сила падающей воды, ветер и мускулы лошади. Жизнь настоятельно требовала создания новых, более сильных двигателей, не зависящих от стихии.

Такой двигатель дал людям наш соотечественник, горный мастер Иван Ползунов, который родился в Екатеринбурге в 1728 году. После окончания заводской школы, он работал "механическим учеником".

В 1745 году семнадцатилетний Ползунов попадает на Алтай, на Кольваново-Воскресенские заводы. Здесь в центре алтайской горнорудной промышленности он остро почувствовал требования производства, запросы которого вода как источник энергии уже не могла удовлетворять. И Ползунов решил "пресечь водяное руководство". Чтобы осуществить свой замысел, он задумал построить "огненную машину", которая была бы "способной по воле нашей, что будет потребно справлять".

К 1763 году Ползунов разработал проект паровой машины. Ему понадобилось три года на то, чтобы с двумя юношами-учениками построить огромную, высотой с трехэтажный дом, машину. В 1766 году она была готова.

Подробные рабочие чертежи, сохранившиеся до наших дней, рассказывают нам об устройстве и работе первой в мире паровой машины. Для получения пара вода подогревалась в склепанном из медных листов котле. Через специальные распределительные устройства пар поступал в два трехметровых цилиндра, поршни которых были соединены с коромыслами. Эти коромысла приводили в движение меха, нагнетавшие воздух в рудоплавильные печи, а также водяные насосы, питавшие водой котел.

Так на Алтае построили машину, которой было суждено стать неотъемлемой частью железных дорог.

Прошло почти полвека, прежде чем человек поставил паровую машину на колеса и заставил ее перемещать грузы. Первые прототипы будущего паровоза появляются в начале XIX века. В то время еще плохо были изучены законы сцепления колес с рельсами, и люди думали, что колеса самодвижущейся повозки будут скользить по гладкой поверхности рельса, вращаясь на одном и том же месте. Поэтому человек стал работать над

созданием таких приспособлений, которые могли бы помочь повозке передвигаться по гладким рельсам.

Первый паровоз для железной дороги создал англичанин Ричард Тревитик в 1803 году (рисунок 2.4). Он имел зубчатую передачу на ведущие колеса, они при вращении зацеплялись за зубья рейки, уложенной вдоль пути. Но зубья оказались плохими помощниками – часто ломались, и поэтому от них пришлось отказаться. Было много других моделей, но все они оставались маломощными, ненадежными, расходовали много пара. Однако это

были важные ступени на пути замены живой силы механической.

В 1804 году Тревитик построил первую зубчатую железную дорогу. Тогда все были убеждены, что для движения паровоза одного трения гладких колес о рельсы недостаточно. Чтобы придать большую надежность своей паровой машине, изобретатель для повышения сцепления колес с деревянными направляющими (прототип будущих рельсов) набил на ободы ко-

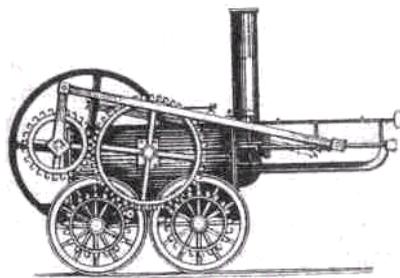


Рисунок 2.4 – Паровоз
Р. Тревитика

лес гвозди. Другой англичанин Бленкинсон в 1811 году построил зубчатую дорогу близ г. Лидса. Но как раз в это время инженеры убедились, что силы сцепления гладких колес вполне достаточно, чтобы обеспечить тягу поезда. Возникнув как технический курьез, зубчатая дорога все же пригодилась. В горной местности для преодоления значительных подъемов паровоз снабжался зубчатым колесом, а между рельсами укладывалась рейка, за зубья которой цеплялось колесо. Такая дорога была проложена в 1869 году на высоте 1900 метров близ местечка Монт-Вашингтон в США. По дороге курсировал один вагончик, перевозивший небольшие грузы и пассажиров.

Зубчатая дорога длиной 6858 м была построена в 1871 году в Альпах швейцарским инженером Риггенбахом. Поезд поднимался на высоту 1600 метров, доставляя туристов в горы.

След за паровозом с зубчатыми колесами появляется паровоз с ногами, похожий на гигантского кузнечика. Вот что рассказывают об этом паровозе историки.

В один из июльских дней 1813 года жители небольшого английского городка неподалеку от Лондона были созваны на заводской двор. В глубине двора виднелись широкие ворота сборочной мастерской. Когда ворота распахнулись, собравшиеся увидели три вагонетки, груженные углем,

сзади которых стоял котел на колесах. Из котла торчала широкая труба. К днищу котла было пристроено нечто такое, чего еще никто никогда не видел, – две механические ноги, длинные, как у жирафа.

Раздался свисток. Машина громко запыхтела, гуще повалил дым из трубы, и странный механизм сзади котла зашевелился. Одна из ног переступила по направлению к выходу, уперлась в полотно рельсового пути и как бы напряглась, отталкиваясь от него. В тот же момент колеса пыхтящего котла начали медленно катиться по рельсам, и поезд из трех вагонеток тронулся с места. Не успели котел и вагонетки остановиться, как тут же поднялась вторая нога, сделала еще шаг, уперлась в полотно и толкнула котел с вагонетками дальше.

Но не суждено было этому необычному шагающему паровозу благополучно закончить свой путь. Спустя несколько минут, когда поезд уже преодолел два десятка метров, раздался взрыв – лопнул котел. За свои ноги этот паровоз получил название "шагающей машины".

Пока строили новую "шагающую машину" с более прочным котлом, было сделано очень важное открытие. Ученые на основании опытов пришли к выводу, что ни зубчатые колеса с рейками, ни ноги паровозу не нужны.

Почему же паровоз смог передвигаться по гладкой поверхности рельсов? Чтобы ответить на этот вопрос, давайте посмотрим на рельс и колесо через сильный микроскоп. Мы увидим, что поверхности и рельса и колеса пилообразны. Благодаря этому они и цепляются друг за друга. Под действием силы тяжести неровности вращающихся колес паровоза упираются в неровности рельсов, стремясь оттолкнуть их назад. Так как рельсы прочно закреплены, то сдвигаются не они, а колеса паровоза. Но вернемся к паровозу.

Идея построить паровоз заинтересовала англичанина Блэккета. Однако все его попытки применить паровую тягу на шахтах оказались неудачными.

На копях в те времена работал Джордж Стефенсон. Любопытный, отзывчивый на всякое техническое новшество, он присутствовал при испытании паровозов, изучал их устройство. В неуклюжих и тяжелых машинах, передвигающихся с небольшими скоростями, его опытный и проницательный глаз практика увидел скрытую силу. Изо дня в день крепла у Стефенсона уверенность в том, что он смог бы сделать такую машину, которая будет безотказно работать вместо лошади.

Весной 1813 года один из владельцев Клингвортских копей лорд Лавенсворт получил письмо, в котором машинный мастер Стефенсон предлагал заменить лошадей "ходячими машинами". Автор письма сам брался построить их и просил лишь средств на покрытие расходов. Стефенсон получил согласие, а вместе с ним и необходимые деньги.

Спустя год, в 1814 году, паровоз был построен. Он имел четыре колеса диаметром 90 сантиметров и котел длиной 2,4 метра. Машина состояла из двух цилиндров. Движение поршней передавалось колесам при помощи зубчатой передачи. **Это был первый паровоз Стефенсона, в конструкции**

которого он учел все просчеты своих предшественников. Его огромная заслуга состоит еще и в том, что он очень скоро понял, что совершенствовать надо не только локомотив, но и путь, и рельсы, и все остальные составные части дороги. **25 июля 1815 года паровоз испытали.** По словам очевидца, он мог "тащить, помимо собственной тяжести, восемь груженных повозок, общим весом около тридцати тонн со скоростью четыре мили в час" (английская миля – 1609 м). В том же году Стефенсон создает второй паровоз, а в 1816 году – третий. Он строит не только паровозы, но и дороги. 18 ноября 1822 года при огромном стечении зрителей была открыта Геттонская железная дорога длиной 12,8 километра, построенная по его проекту.

Непреклонно веря в будущее железных дорог, Стефенсон добился сооружения первого в мире паровозостроительного завода. На этом заводе были построены три паровоза для первой в мире железной дороги общественного пользования. Она проходила между двумя английскими городами Стоктоном и Дарлингтоном. В день открытия жители близлежащих селений и городов с раннего утра огромными толпами направлялись к дороге. Там они увидели 33 вагона. Впереди вагонов стоял паровоз. По условному сигналу он тронулся в путь, увлекая за собой огромный состав. Вот как описал это событие один из помощников Стефенсона: *"Сцена, имевшая место утром 27 сентября 1825 года, не поддается никакому описанию. Многие принимавшие участие в этом историческом событии всю ночь не смыкали глаз и были на ногах. Всеобщая бодрость и веселость, счастливые лица одних, изумление и испуг других разнообразили эту картину.*

В назначенный час процессия тронулась. В голове поезда следовал паровоз "Движение", управляемый его создателем – Стефенсоном; за паровозом следовали шесть вагонов с углем и мукой; вслед за ними – вагон, где помещались со своими экипажами директора и владельцы дороги; затем два

дцать угольных вагонов, приспособленных для пассажиров и переполненных ими, и, наконец, шесть вагонов, нагруженных углем. Впереди паровоза следовал верховой с флагом.

По обеим сторонам дороги стояла огромная толпа народа, многие бежали за поездом; другие верхом на лошадях следовали за ним по сторонам пути. Путь имел небольшой уклон к Дарлингтону и в этом месте Стефенсон решил испытать скорость хода до пятнадцати миль (двадцать четыре километра) в час. Когда поезд прибыл в Дарлингтон, оказалось, что в вагонах было 450 пассажиров, а вес поезда составлял 90

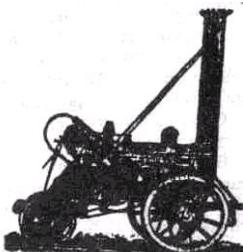
тонн".

Газета «Тайме», описывая это необычайно любопытное зрелище, с восторгом сообщала, что *"всадники на лошадях пытались следовать за вагонами, но вскоре вынуждены были отстать"*.

Регулярная эксплуатация дороги началась на следующий же день.

В наши дни изобретателем паровоза справедливо считают Стефенсона. Но сам Стефенсон в свое время был несколько другого мнения. *"Паровоз, – сказал он, – изобретение не одного человека, а целого поколения инженеров-механиков"*. И он был прав. Усилиями многих талантливых изобретателей поставленная на колеса паровая машина приобрела дошедшие до наших дней формы паровоза, а примитивные рельсовые дороги копий и заводов превратились в пути сообщения массового пользования.

Рисунок 2.5 – Паровоз Стефенсона "Ракета"

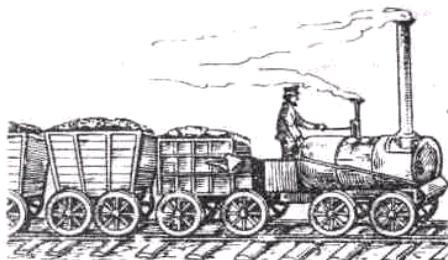


Модель Стефенсона под названием **"Ракета"** (рисунок 2.5), победившая на состязаниях паровозов в 1829 году (Англия), оказалась действиельно гениальным творением человека. На нем была экономичная паровая машина. Усилие от поршня передавалось через шатун и кривошип непосредственно на ведущее колесо (без зубчатой передачи).

Вслед за Англией небольшие участки железных дорог были построены во Франции (1832 год), в Бельгии (1835 год), в Германии (1835 год) и др. К 1830 году относятся и первые попытки использовать паровую машину на транспорте русскими механиками Ефимом Алексеевичем Черепановым и его сыновьями Мироном и Аммосом. Мирон в 1833 году побывал в Англии и видел паровоз. Но чертежи, выполнение которых было поручено Аммосу, по-видимому, уже были готовы. Это подтверждает тот факт, что "пароходный дилижанец" был очень быстро построен, о чем извещает хозяина управляющий рудника Д. Белов: *"...имеем честь уведомить: сего дня (то есть 29 июня 1834 года – 11 июля по новому стилю) пущена "пароходка" в действие, устраиваемая Мироном Черепановым..."* (рисунок 2.6).

Из письма впервые стала известна и масса паровоза – 150 пудов (2,4 тонны), что в 2 с лишним раза меньше английского. В следующем году Черепановы построили второй паровоз, а позднее – еще 11 машин.

Однако опыт русских механиков не был учтен и поддержан путейским ведомством. И когда встал вопрос о подвижном составе для



Царскосельской железной дороги, а это было в 1837 году, паровоз Черепановых первые паровозы было решено купить за границей.

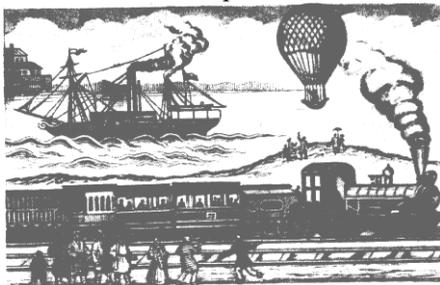
Черепановы же построили в 1834 году на Урале первую в России железную дорогу с паровой тягой (Нижнетагильский завод) протяженностью примерно 1 км. Дорога имела колею шириной 1645 мм.

Первая в России железная дорога общего пользования протяженностью 27 км между Петербургом и Царским Селом (г. Пушкин) была официально открыта 30 октября 1837 года. Эта дорога не имела экономического значения и была предназначена для поездок знати в места увеселений в Царском Селе, а затем в Павловске. Желто-голубые поезда, состоящие из вагонов-карет, первое время приводились в движение лошадьми. Паровозы, приобретенные за границей, появились несколько позже и носили громкие названия «Богатырь», «Слон», «Лев», «Проворный», «Орел», «Сокол», «Россия». В это же время появились и первые, изготовленные из латуни железнодорожные билеты,

сона

Рисунок 2.7 – Лубок, выпущенный в Мстёре

которые народ прозвал «жестянками». В 1862 году в Мстёре был выпущен лубок (рисунок 2.7) с забавным текстом о железной дороге.



Рассказ сбитеньщика про железную дорогу: *"Здравствуйте, ребятаушки, сизые голубятушки! Не пеишком приишел, а по жеселной прискакал, холоду не видал и нужды не слыша. Вчера по Нижнему со сбитнем ходил, а наутро в Белокаменную прикатил. Чудная лошадка, и дорога по ней гладка.*

Эх, железная дорога, небывалая краса! Просто диво, чудеса! В два пути железных шины, а по ним летят машины, не на тройках, на парах,

посмотреть так даже страх. Деньги отдал лишь на месте, сел, вздремнул и верст за двести очутишься ты как раз через полчаса иль час.

Ну, уж, дивная лошадка, богатырская ухватка! Тащит тысяч сто пудов, будто как. вязанку дров. Конь стоит и все пыхтит, фыркнет искрами и паром, закипит вдруг самоваром, плавно мчится, не трясется, быстрее облака несется, скородвижно, самокатно, и полезно, и приятно.

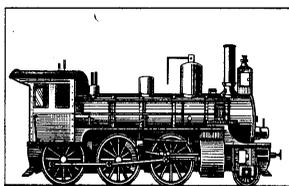
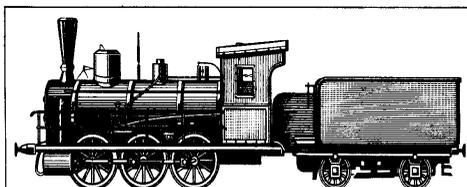
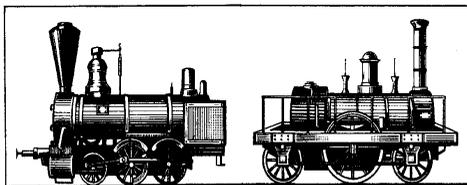
Но вот дивная загадка?! От чего сильна лошадка? От того так здорова – не овес ест, а дрова. А воды-то пьет помногу, но зато во всю дорогу никогда уж не слышать, чтобы стала отдыхать. Не успеешь мигнуть глазом, в Белокаменной уж разом.

Я ль не Антон прожженная сковорода, да и то не беда. Наши в поле не робеют и на печке не дрожат. Истинно – ученье свет, а неученье тьма. И мир божий хоть не одно селенье, но ум людской – мирское именье. Один выдумал ковать, другой пахать. Один азбуке научил, а другой самовар в ход пустил. Не оказия случилась – как Москва-то просветилась. Не раскачал, не растрясло – будто вихрем принесло. Вот вам и Сивка-бурка вещая Каурка. Бежит – земля дрожит, дым столбом валит и огнем палит. Эти шутки! Из Нижнего в полсутки! Чудо-чудное, диво-дивное! До чего народ доходит – самовар в упряжке ходит!"

В 1843 году было начато строительство магистрали Петербург – Москва и через 8 лет, в 1851 году, закончено. Это была самая длинная в мире двухпутная железная дорога протяженностью 650 км (ширина колеи составляла 1524 мм – 5 футов) со сложнейшими по конструкции мостами, путем, станциями, вокзалами, депо, спроектированными русскими инженерами. Эта магистраль явилась крупнейшим инженерно-техническим сооружением России середины XIX века.

С открытием 1 ноября 1851 года Петербургско-Московской железной дороги многие убедились в преимуществах нового вида транспорта, и строительство в России стало интенсивно развиваться. Особая роль в проектировании и сооружении дороги принадлежит инженеру, впоследствии академику П. П. Мельникову – автору первой в России книги о железных дорогах. Мосты на магистрали проектировались под руководством инженера, затем крупного ученого Д. И. Журавского.

Позже были построены дороги Москва–Курск (1868 г.), Курск–Киев (1870 г.), Москва–Брест (1871 г.). **В 1996 году отмечалось 125 лет Белорусской железной дороге.** В 1891 г. началось строительство Великого Сибирского пути длиной 6503 км с двух сторон: от Челябинска и Владивостока. В период с 1865 по 1875 годы средний годовой прирост железных дорог России составлял 1,5 тыс. км, а с 1893 по 1897 годы – по 2,5 тыс. км.



Первые паровозы, сконструированные и построенные в России в XIX веке, были достойными соперниками зарубежных образцов

Рисунок 2.8 – Первые паровозы, построенные в России

В конце 70-х – начале 80-х годов XIX века появились первые сортировочные станции (Петербург-Сортировочный в 1879 г.). Первая сортировочная горка была построена в 1899 году на станции Ртишево.

Серийный выпуск паровозов (рисунок 2.8) был начат в 1844 г. в Петербурге на Александровском заводе.

В 1913 году эксплуатационная длина сети железных дорог России составляла 71,7 тыс. км, а в 1988 году эксплуатационная длина железных дорог СССР была 147,4 тыс. км (53 тыс. км из них были электрифицированы), что составляло 12 % протяженности

Железнодорожный транспорт СССР выполнял 53 % ми-

рового грузооборота и 25 % пассажирооборота. Железные дороги СССР перевозили за сутки 11 млн т грузов и около 12 млн пассажиров. Грузонапряженность железнодорожных линий в 1989 году достигала 29 млн приведенных т·км на 1 км эксплуатационной длины. Распределение объема перевозочной работы, выполненной видами транспорта в Республике Беларусь, приведено в таблице 2.1, а сравнение протяженности железных дорог мира – в таблице 2.2.

Таблица 2.1 – Распределение объема перевозочной работы между видами транспорта Республики Беларусь в 1997 году

Виды транспорта	Грузооборот		Пассажирооборот	
	млн т·км	%	млн пас·км	%
Железнодорожный	30636	72,94	12929	53,612
Автомобильный	10982	26,15	9930	41,18
Речной	365	0,87	2	0,008
Воздушный	19	0,04	1254	5,20
Итого	42002	100,00	24115	100,00

Т а б л и ц а 2.2 – Эксплуатационная длина железнодорожных путей (на конец 1988 г.)

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 I 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
Беларусь (1997)	5543	1297	23,4	26,7

Для сравнения в 1989 году грузооборот железных дорог СССР составлял 3852 млрд т·км; пассажирооборот – 411 млрд пассажиро·км; количество отправленных грузов – 4000 млрд т; число перевезенных пассажиров – 4323 млрд человек; средняя дальность перевозки 1 т груза – 957 км; средняя дальность перевозки 1 пассажира – 94 км; производительность труда в год на 1 работника, занятого на перевозках, – 2573 тыс. приведенных т·км.

Самый длинный и самый тяжелый поезд прошел путь в 252 км из Западной Виргинии до Портсмута (США) по Норфолкской и Западной железным дорогам 15 ноября 1967 года. Длина поезда составила 6 км. Он состоял из 500 вагонов с углем и приводился в движение 6 тепловозами: тремя впереди состава и тремя в середине (их мощность была по 3600 л. с.). Общий вес состава был 42 674 т.

Максимальные скорости, реализованные на железнодорожном транспорте: в марте 1984 года в России – 200 км/ч, в мае 1998 года в Германии – 406,9 км/ч, 18 мая 1990 года во Франции – 515,3 км/ч, 12 декабря 1998 года в Японии – 550 км/ч. Высокоскоростной подвижной состав железных дорог мира приведен на рисунке 2.9.

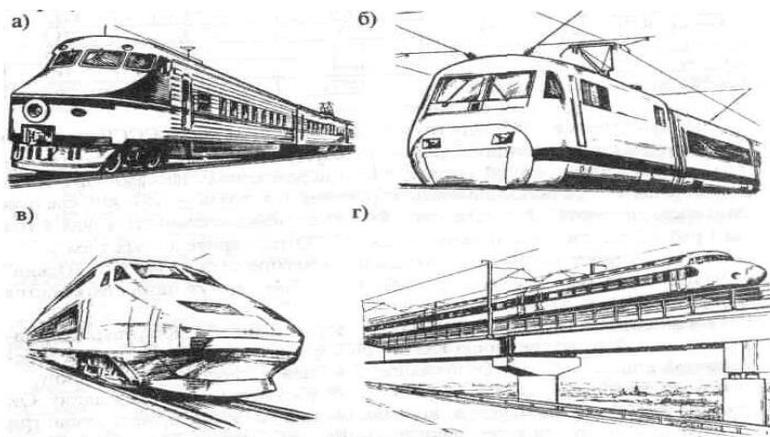


Рисунок 2.9 – Высокоскоростной подвижной состав железных дорог мира: а – "ЭР-200" (Россия); б – "Интер-Сити" (Германия); в – "ТЖВ" (Франция); г – "Синкансен" (Япония)

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 движением и управления эксплуатационной работой; средства связи.

2.2 Путь и путевое хозяйство

Железнодорожный путь (рисунок 2.10) – 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 эпоре 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.



Рисунок 2.10 – Железнодорожный путь

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 (рисунок 2.11) – 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.;



Рисунок 2.11 – Мосты с ездой: а – сверху; б – снизу; в – посередине

- по конструкции пролетного строения – с ездой снизу, с ездой сверху, 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.

Путепроводы строят в местах пересечения железных и автомобильных дорог или двух железнодорожных линий (рисунок 2.12).

Виадук сооружают вместо высокой обычной насыпи при пересечении железной дорогой глубоких оврагов, ущелий (рисунок 2.13).

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 (рисунок 2.14).

Тоннели служат для прокладки пути под землей (рисунок 2.15). По месту расположения они бывают *горные*, *подводные* и *городские* (метрополитены).

Галереи строят в горах в местах возможных обвалов (рисунок 2.16).

Трубы устраивают при пересечении железной дорогой небольших водотоков или суходолов (рисунок 2.17).

Трасса железнодорожной линии и 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 (рисунок 2.18). Кривые малого радиуса (500 м и менее) вызывают снижение скорости движения, повышенный боковой износ рельсов и колес подвижного состава, удлинение линии, повышают сопротивление движению и ухудшают видимость машинистам. Для обеспечения плавного вписывания подвижного состава в круговые кривые они сопрягаются с прямыми участками пути с помощью переходных кривых, радиус



Рисунок 2.12 – Путепровод



Рисунок 2.13 – Виадук

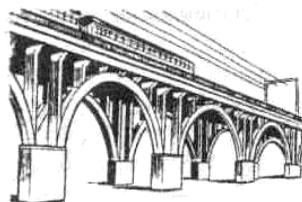


Рисунок 2.14 – Эстакада



Рисунок 2.15 – Тоннель

которых постепенно уменьшается от ∞ до радиуса круговой кривой R .

Продольный профиль пути – это развертка трассы на вертикальную плоскость (рисунок 2.19). 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

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

Продольный профиль характеризуется крутизной уклонов элементов и их длиной.

Крутизна (i) измеряется в тысячных долях и получается как частное от деления разности отметок конечных точек элемента профиля (H) на его длину (L), т. е. $i = H / L$ (рисунок 2.20).



Рисунок 2.16 – Противовесная галерея



Рисунок 2.17 – Труба

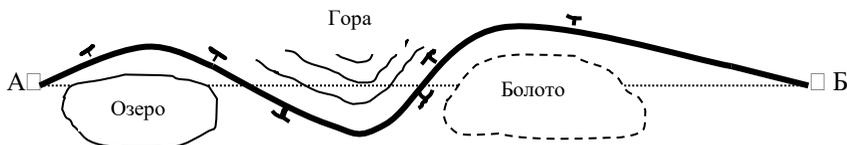


Рисунок 2.18 – План железнодорожной линии

Основным методом определения рационального решения при проектировании железных дорог является разработка нескольких конкурентоспособных вариантов и выбор наилучшего из них в результате технико-экономических сравнений.

В простейшем случае сравнение только двух вариантов с одноэтапными капиталовложениями может производиться по сроку окупаемости:

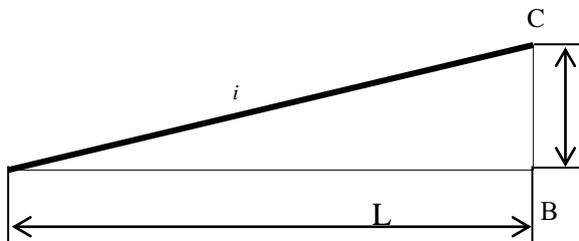


Рисунок 2.20 –
Определение
крутизны уклона
железнодорожной
платформы

Вариант с большими капиталовложениями считается более выгодным, если $T_{ок}$ меньше нормативного срока:

$$T_n = 1 / E_n, \quad (2.2)$$

где E_n – нормативный срок приведения капитальных вложений.

Разрез, перпендикулярный продольной оси пути, называется поперечным профилем земляного полотна. Различают типовые и индивидуальные поперечные профили земляного полотна. 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 2.21.

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 каналы, 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 2.22.

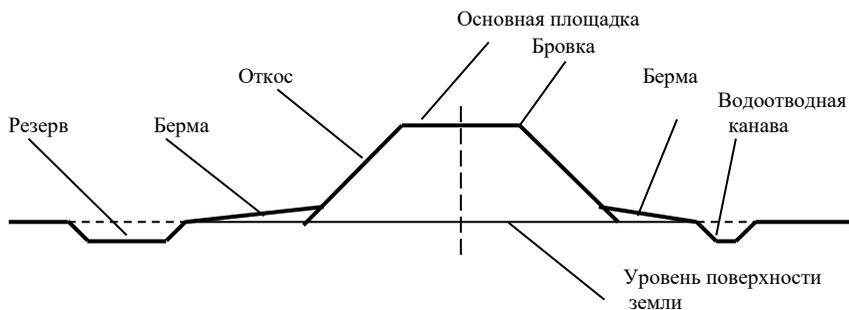


Рисунок 2.21 – Поперечный профиль насыпи

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

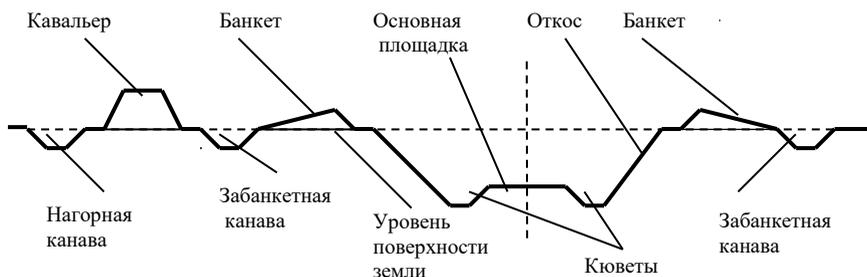


Рисунок 2.22 – Поперечный профиль выемки

На однопутных линиях основная площадка земляного полотна имеет форму трапеции шириной поверху 2,3 м и высотой 0,15 м (рисунок 2.23, а), а на двухпутных линиях – форму равнобедренного треугольника высотой 0,2 м (рисунок 2.23, б). В скальных и дренирующих грунтах основная площадка земляного полотна горизонтальна.

Согласно ПТЭ ширина земляного полотна на существующих линиях должна быть не менее 5,5 м на однопутных линиях и 9,6 м – на двухпутных, а в скальных и дренирующих грунтах – не менее 5,0 м на однопутных и 9,1 м – на двухпутных линиях. Линия пересечения основной площадки с откосами называется *бровкой* земляного полотна, а откоса с основанием – *подошвой* откоса.

Горизонтальная проекция линии откоса (l) называется его *заложением*, а отношение высоты откоса (h) к заложению, которое обозначается $1 : n$, – *крутизной* откоса. Наибольшее распространение получили откосы крутизной $1:1,5$, называемые полуторными.

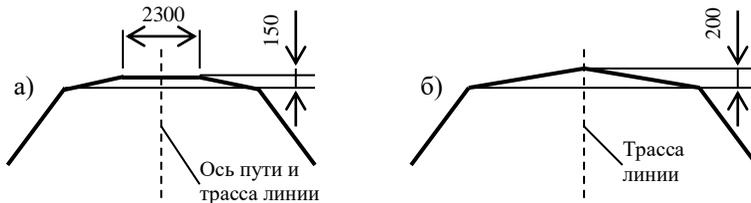


Рисунок 2.23 – Устройство основной площадки на однопутной (а) и двухпутной (б) линиях

Верхнее строение пути воспринимает силовое воздействие колес подвижного состава, передает его на нижнее строение и направляет колеса вагонов и локомотивов при движении (рисунок 2.24).

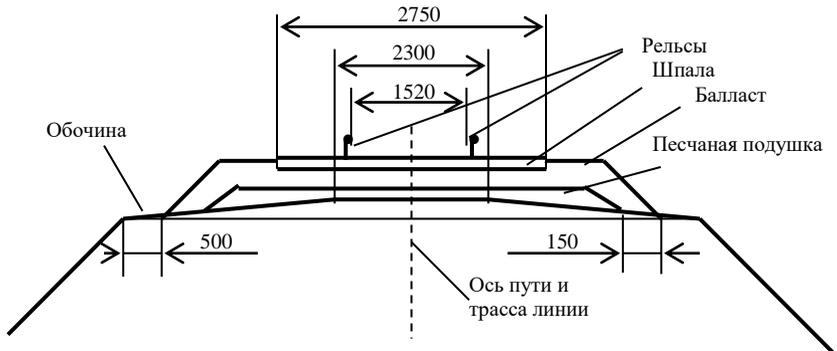


Рисунок 2.24 - Устройство верхнего строения пути на однопутной линии

Верхнее строение состоит из рельсов, шпал, рельсовых скреплений, балластного слоя, противоугонов (рисунок 2.25), переводных и мостовых брусьев.

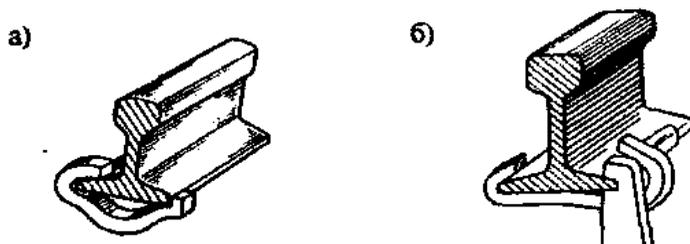


Рисунок 2.25 – Противоугоны: а – пружинный; б – самозаклинивающийся

Балластный слой служит для равномерной передачи давления от шпал на возможно большую поверхность основной площадки земляного полотна, чтобы не допустить его деформации. Для балласта применяется щебень, гравий, песок, шлак. Лучшим является щебень из твердых каменных пород размером от 0,25 до 0,70 м.

На верхнее строение действуют вертикальные и горизонтальные силы: *вертикальные силы* – статические от воздействия веса, динамические – от воздействия неподрессоренных и поддрессоренных частей при колебании подвижного состава; *горизонтальные* – боковые (толчки колес из-за виляния состава и от давления колес на наружные рельсы в кривых участках пути); *продольные* – при торможении, от воздействия колес локомотивов на рельсы при тяге, температурные воздействия.

Рельсы (рисунок 2.26) предназначены для направления движения колес подвижного состава, восприятия нагрузки от него и передачи её на шпалы. Они являются главным элементом верхнего строения пути. Кроме того, рельсы используются на участках с автоблокировкой как проводники сигнального тока, а при электротяге –

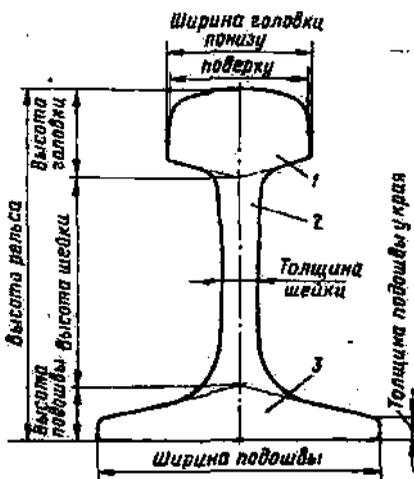
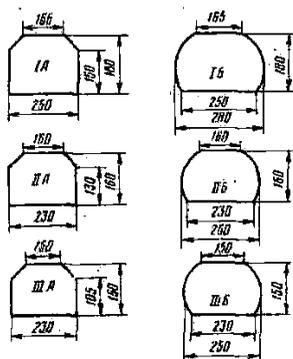


Рисунок 2.26 – Профиль рельса: 1 – головка рельса; 2 – шейка; 3 – подошва

Рельсы имеют вид двутавровой балки и состоят из головки, шейки и подошвы. В зависимости от массы и поперечного профиля они подразделяются на типы Р43, Р50, Р65, Р75. Цифра показывает массу погонного метра рельса. Стандартная длина рельсов составляет 25 м. При устройстве бесстыкового пути используются сварные рельсовые плети длиной 800 и 1200 м.

Скрепления служат для прикрепления рельсов к шпалам и соединения концов рельсов между собой. Они подразделяются на промежуточные и стыковые.

Шпалы являются основным видом подрельсовых оснований и служат для восприятия давления от рельсов и передачи его на балластный слой.



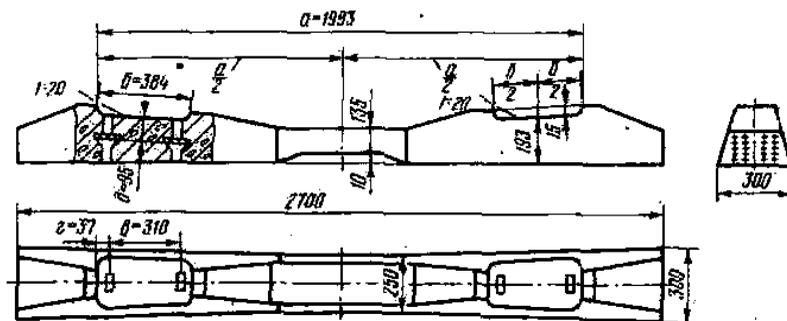
Кроме того, шпалы предназначены также для крепления к ним рельсов и обеспечения постоянства ширины колеи. Шпалы бывают деревянные (рисунок 2.27), железобетонные (рисунок 2.28) и реже металлические. Стандартная длина деревянной шпалы – 2750 мм. Шпалы в пределах рельсового звена размещают по эпюре (по определенной схеме).

В зависимости от типа верхнего строения на 1 км пути укладывается 1840, 1600 и 1440 шпал. На некоторых кривых, на крутых уклонах и в туннелях – 2000 шпал на 1 км.

Рисунок 2.27 – Поперечные профили деревянных шпал

Шпалы должны быть прочными, упругими, дешевыми и обладать достаточным сопротивлением электрическому току.

Достоинством деревянных шпал являются: легкость, упругость, простота изготовления, удобство крепления рельсов, высокое сопротивление токам рельсовых цепей, а недостатком – сравнительно небольшой срок службы



(15–18 лет), значительный расход деловой древесины (сосна, ель, пихта, лиственница).

Железобетонные шпалы массой 252 кг изготавливаются из предварительно напряженного железобетона. Их достоинством являются: долговечность (40–50 лет), обеспечение высокой устойчивости пути и плавности движения поездов, а недостатком – большая масса, токопроводимость, высокая жесткость, сложность крепления рельсов к шпале.

Металлические шпалы не получили распространения из-за большого расхода металла, подверженности коррозии, электропроводности, большой жесткости и неприятного шума при движении поездов.

Рельсы к шпалам крепят с помощью промежуточных скреплений, которые бывают трех основных видов: нераздельные, смешанные и раздельные (рисунок 2.29). В настоящее время стали применять пружинное скрепление.

При нераздельном скреплении рельсы и подкладки, на которые они опираются, крепятся к шпалам одними и теми же костылями или шурупами, а при смешанном – подкладки, кроме того, крепятся к шпалам дополнительными костылями. При раздельном скреплении рельс крепится к подкладкам жесткими упругими клеммами и клеммными болтами, а подкладки к шпалам – болтами или шурупами.

Соединение рельсовых звеньев между собой осуществляется с помощью

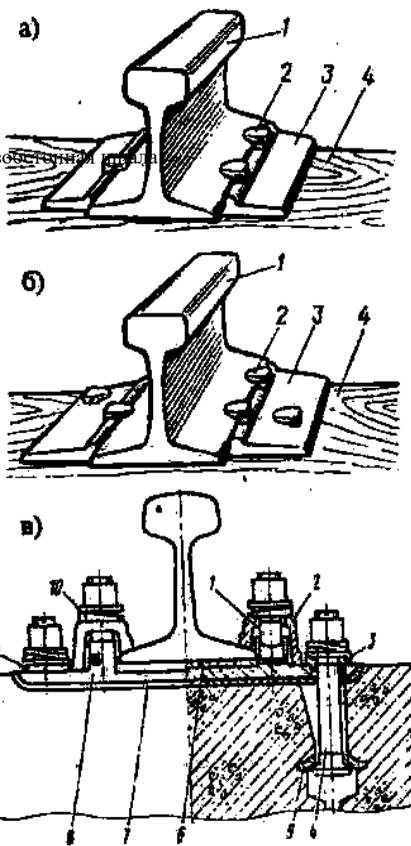


Рисунок 2.29 – Промежуточные скрепления: а) нераздельное и б) смешанное для деревянных шпал: 1 – рельс; 2 – костыль; 3 – подкладка; 4 – шпала; в) раздельное скрепление типа КБ для железобетонных шпал: 1 – клеммный прижимной болт; 2 – клемма; 3 – изолирующая втулка; 4 – закладной болт; 5 – анкерная шайба; 6 – прокладка; 7 – резиновая подкладка; 8 – подкладка металлическая; 9 –

стыковых креплений, основными элементами которых являются накладка, болты с гайками и пружинные шайбы (рисунок 2.30).

Устройство рельсовой колеи тесно связано с конструкцией и размерами колесных пар подвижного состава.

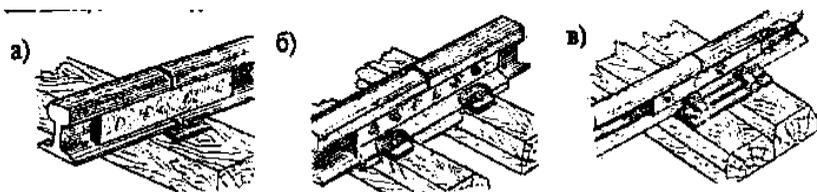
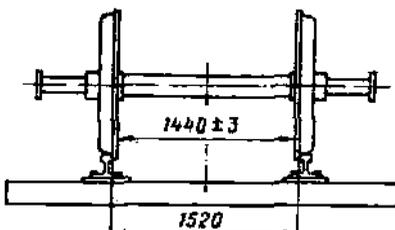


Рисунок 2.30 – Типы стыков: а) на шпале; б) на весу; в) на сдвоенной шпале

Колесная пара (рисунок 2.31) состоит из стальной оси, на которую наглухо посажены колеса, имеющие для предотвращения схода с рельсов направляющие гребни.



Поверхность катания колес в средней части имеет коничность $1/20$, которая обеспечивает более равномерный износ.

В связи с этим и рельсы устанавливаются также с подуклонкой $1/20$, что достигается за счет клинчатых подкладок (деревянные шпалы).

Рисунок 2.31 – Колесная пара на рельсовой колее

В кривых участках пути производится уширение рельсовой колеи для лучшего прохода жестких баз (ж. б.) подвижного состава (рисунок 2.32).

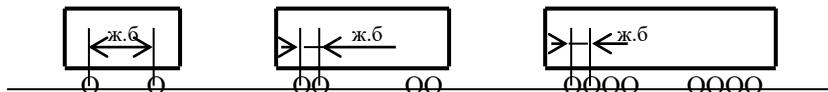


Рисунок 2.32 – Жесткие базы вагонов

Возвышение наружного рельса в кривых (h) в зависимости от радиуса (R) и скорости движения (v) производится от 0 до 150 мм. Величина возвышения определяется по формуле

$$h = 12,5v^2 / R. \quad (2.3)$$

Для перехода подвижного состава с одного пути на другой служат устройства по соединению и пересечению путей, относящиеся к верхнему строению. К ним относятся стрелочные переводы и съезды. Для пересечения путей используют глухие пересечения.

Обыкновенные стрелочные переводы служат для соединения двух путей. Они бывают *левосторонние* и *правосторонние* (рисунок 2.33) и применяются при отклонении бокового пути от прямого в ту или иную сторону.

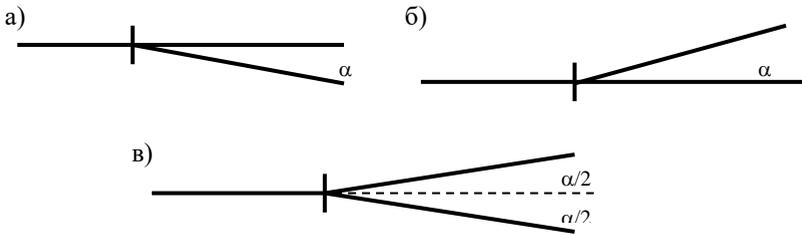
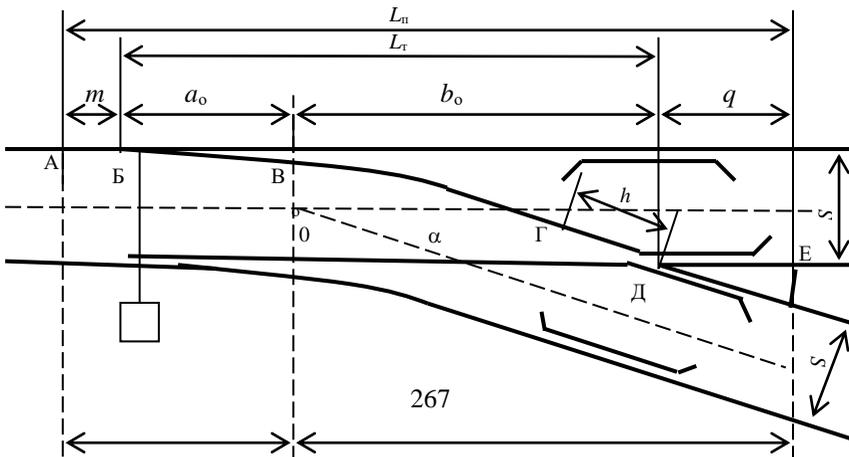


Рисунок 2.33 – Схемы стрелочных переводов в осях: а) правосторонний; б) левосторонний; в) симметричный

Стрелочные переводы подразделяются на *одиночные*, *двойные* и *перекрестные*, одиночные переводы, в свою очередь, – на *симметричные*, *несимметричные* и *обыкновенные*, которых 98 %.

Стрелочный перевод (рисунок 2.34) состоит из собственно *стрелки*, крестовины с контррельсами и соединительных путей между ними.



a

b

Рисунок 2.34 – Геометрические размеры стрелочного перевода

В зависимости от назначения в путь укладываются стрелочные переводы с марками крестовин 1/9, 1/11, 1/18, 1/22. При марке перевода 1/9 угол поворота составляет $\alpha = 6^\circ 28'11''$. При проектировании и укладке соединений путей необходимо знать основные размеры геометрических элементов стрелочного перевода, определяемые расчетами. На рисунке 2.34 приведено обозначение элементов стрелочного перевода следующими отрезками:

АБ – длина выступа рамных рельсов перед острьяками (m);

БВ – длина острьяков (l_{oc});

ГД – длина передней части крестовины (h);

ДЕ – длина хвостовой части крестовины (q);

S – ширина колеи;

O – центр стрелочного перевода, т. е. точка пересечения осей путей;

Б O – расстояние от начала острьяков до центра перевода (a_o);

ОД – расстояние от центра перевода до математического центра крестовины (b_o);

БД – теоретическая длина перевода (L_T);

АЕ – полная длина перевода (L_n);

a – расстояние от центра стрелочного перевода до стыка рамного рельса;

b – расстояние от центра стрелочного перевода до корня крестовины.

Стрелка состоит из двух рамных рельсов, двух острьяков, предназначенных для направления подвижного состава на прямой или боковой путь, и переводного механизма.

Остряки соединяются между собой поперечными стрелочными тягами, с помощью которых один из острьяков плотно подводится к рамному рельсу, а другой отходит от другого рамного рельса на величину, необходимую для свободного прохода гребней колёс. Величина отхода этого острьяка от оси первой тяги называется шагом острьяка.

Перевод острьяков из одного положения в другое осуществляется специальными приводами через одну из тяг, в пологих стрелочных переводах, остряки которых имеют значительную длину, – через две тяги. В приводе имеется устройство, запирающее остряки в том или ином положении и контролирующее их плотное прилегание к рамным рельсам. Тонкая часть острьяка называется острием, а противоположный его конец –

корнем. Корневое крепление обеспечивает поворот острьков в горизонтальной плоскости и соединение с примыкающими к ним рельсами.

Крестовина состоит из сердечника и двух усювиков. Она обеспечивает пересечение гребня колёс рельсовых головок, а контррельсы направляют гребни колёс в соответствующие желоба при проходе колесной пары по крестовине. Точка пересечения продолжения рабочих граней сердечника крестовины называется её математическим центром, а самое узкое место между усювиками – горлом крестовины. Угол α , образуемый рабочими гранями сердечника, называется углом крестовины.

Соединительная часть перевода, лежащая между стрелкой и крестовиной, состоит из прямого участка и переводной кривой. Радиус этой кривой зависит от угла крестовины: чем меньше угол, тем больше радиус. Переводы с меньшими углами крестовин допускают большие скорости движения поездов.

Перекрестный перевод позволяет переходить подвижному составу с одного пути на другой в обоих направлениях. Перевод имеет 8 острьков и четыре крестовины – две острые и две тупые.

Стрелочные переводы различаются типом рельсов, конструкцией острьков и значениями углов, образуемых в крестовинах пересекающимися рельсовыми нитями. Острьки могут быть прямолинейные и криволинейные. Криволинейные острьки облегчают вписывание подвижного состава в переводную кривую.

Отношение ширины сердечника крестовины в её корне (K) к длине сердечника (l) называется маркой крестовины: $1/N = K / l = \operatorname{tg} \alpha$, где α – угол крестовины; N – целое число.

Полную длину перевода можно определить из выражения

$$L_{\text{п}} = L_{\text{т}} + m + q = a + b. \quad (2.4)$$

Для удобства изображения и чтения схем и планов путей на чертеж наносят лишь оси путей и центры стрелочных переводов (см. рисунок 2.33).

Таким образом, обыкновенный стрелочный перевод в осях путей представляет собой изображение в виде двух линий, расходящихся от центра перевода под углом крестовины α . Для вычерчивания стрелочных переводов в осях путей необходимо знать угол α и расстояние $AO = a$ от начала рамных рельсов до центра перевода и $OE = b$ от центра перевода до корня крестовины.

Для нанесения на чертёж стрелочного перевода от центра перевода по оси прямого пути откладывают в принятом масштабе число единиц, соответствующее значению марки крестовины, а в конце этого размера перпендикулярно оси пути откладывают единицу (числитель марки

крестовины) в том же масштабе; после этого полученную точку соединяют с центром перевода.

Для сокращения длины путей, занимаемой стрелочными соединениями, удобства обслуживания стрелок их необходимо располагать компактно.

Возможные схемы взаимного расположения стрелочных переводов приведены на рисунке 2.35. Там же даны формулы для расчета расстояний между центрами стрелочных переводов l . Прямая вставка f между переводами по схемам 1, 2 и 3 в зависимости от скорости движения, назначения пути и наличия места составляет от 4,5 до 25 м. По схемам 4 и 5 вставка определяется в зависимости от ширины междупутья e .

Схема 1

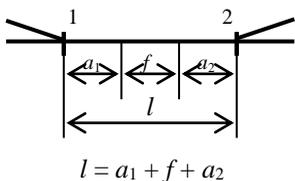


Схема 3

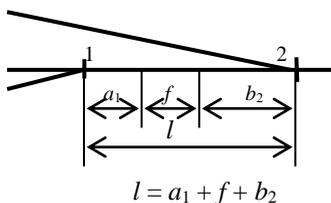


Схема 2

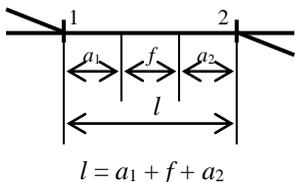


Схема 4

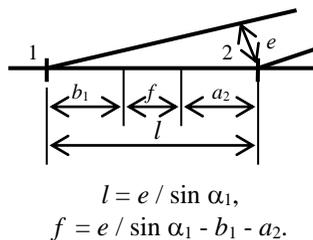


Схема 5

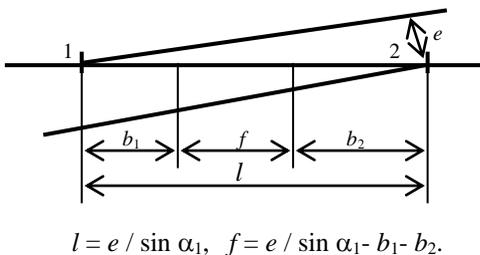


Рисунок 2.35 – Взаимное расположение стрелочных переводов

Кроме обычных стрелочных переводов другим устройством для соединения путей являются с ъ е з д ы. В зависимости от расположения соединяемых путей съезды бывают обычные, перекрестные и сокращенные (рисунок 2.36).

Обыкновенный съезд состоит из двух одиночных стрелочных переводов и соединительного пути, укладываемого между корнями крестовин.

Перекрестный съезд, или двойной, переставляет собой пересечение двух одиночных съездов. Он имеет четыре стрелочных перевода и глухое пересечение, помещаемое между корнями крестовин. Такие съезды укладываются в стесненных условиях, когда для последовательного расположения двух одиночных съездов нет участка достаточной длины.

Сокращенные съезды применяют при соединении двух далеко отстоящих друг от друга путей для уменьшения общей длины соединения.

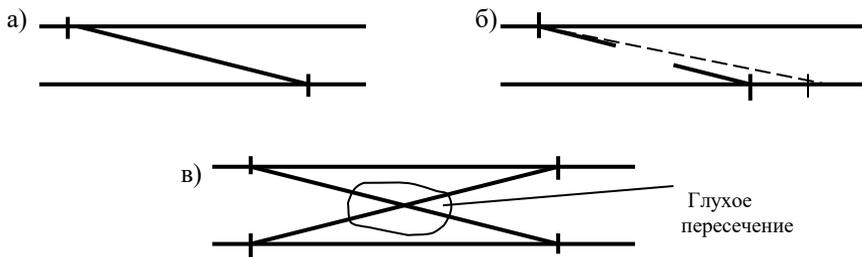


Рисунок 2.36 – Схемы съездов: а) обыкновенного, б) сокращенного, в) перекрестного

При устройстве перекрестных съездов, а также в местах, где пути пересекаются между собой без перевода подвижного состава с одного пути на другой, делают *глухие пересечения*.

Глухие пересечения могут быть под прямым или острым углом. На магистральных железных дорогах применяются глухие пересечения под острыми углами с крестовинами марок 2/9 и 2/11. Они состоят из четырех крестовин с контррельсами, из них две крестовины острые и две тупые. У прямоугольных пересечений все крестовины одинаковые.

Стрелочная улица – путь, на котором последовательно расположены стрелочные переводы, ведущие на параллельные пути. Улицы позволяют перемещать подвижной состав на любой из соединяемых путей. Стрелочные улицы объединяют группы путей одного назначения в парк. В зависимости от расположения по отношению к основному пути и угла наклона стрелочные улицы бывают разных видов (рисунок 2.37).

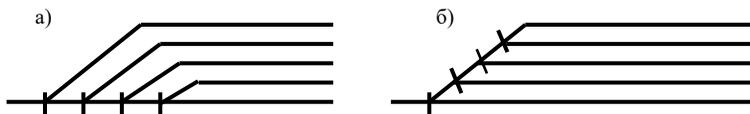


Рисунок 2.37 – Расположение стрелочных переводов: а - на главном пути; б – на боковом пути

Для соединения путей в стесненных условиях, а также для уменьшения длины маневровых передвижений применяют сокращенные стрелочные улицы; улицы под углом, больше угла крестовины и другие приемы.

Требования ПТЭ к стрелочным переводам изложены в пунктах 3.13–3.20.

Группы станционных путей, предназначенные для выполнения одних и тех же операций, называются **п а р к о м**. По своему назначению они делятся на парки приема поездов, парки отправления поездов, на сортировочные, технические и т. д.). По конфигурации парки бывают различных видов (рисунок 2.38).

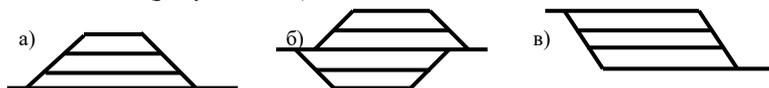


Рисунок 2.38 – Конфигурации парков путей: а – трапеция; б – рыбка; в - параллелограмм

На станциях используются радиусы кривых 180; 200; 250; 300 м. Для плавности хода применяют переходные кривые с радиусом, изменяющимся от ∞ до радиуса круговой кривой.

У станционных путей различают **п о л н у ю** и **п о л е з н у ю** д л и н у. *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.

Пределный столбик устанавливается от стрелочного перевода в сторону расходящихся путей в том месте, где расстояние между их осями составляет 4100 мм (рисунок 2.39).

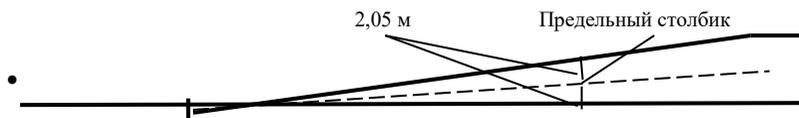


Рисунок 2.39 – Место установки пределного столбика

2.3 Габариты на железнодорожном транспорте

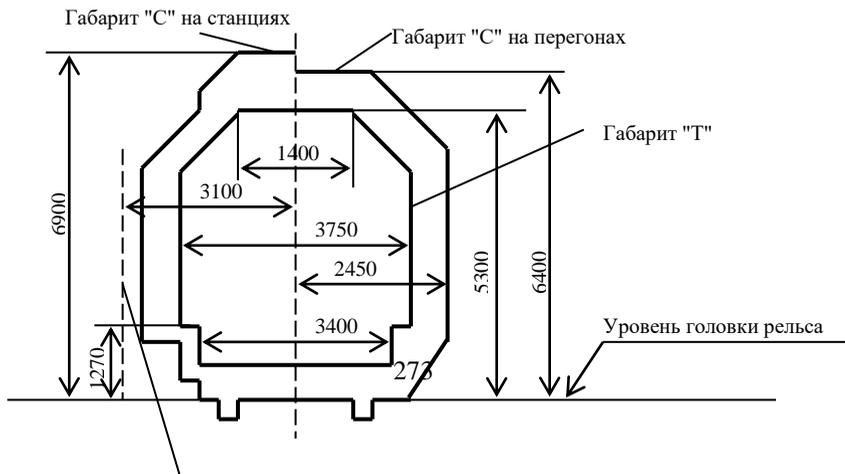
Для обеспечения безопасного и бесперебойного движения поездов на железнодорожном транспорте установлены определенные требования в отношении размеров подвижного состава, а также сооружений и устройств, расположенных вблизи пути.

Различают три основных вида габаритов: габарит подвижного состава – Т, габарит приближения строений – С, габарит погрузки – П (рисунок 2.40).

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 в 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.



Для вновь строящихся линий

Рисунок 2. 40 – Основные габаритные размеры

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 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.

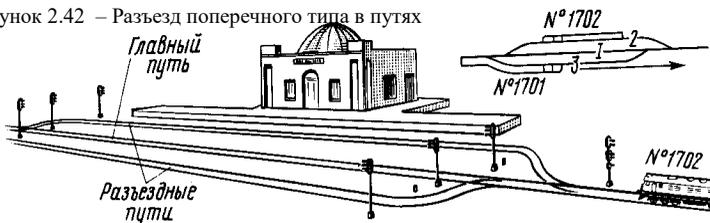
Разъезды – это раздельные пункты на однопутных линиях, имеющие путевое развитие для скрещения и обгона поездов. Разъезды бывают поперечного, полупродольного и продольного типов (рисунок 2.41).



Рисунок 2.41 – Типы разъездов в осях

Внешний вид разъезда поперечного типа приведен на рисунке 2.42.

Рисунок 2.42 – Разъезд поперечного типа в путях



Обгонные пункты – это раздельные пункты на двухпутных линиях, имеющие путевое развитие, допускающее обгон поездов и в необходимых случаях перевод поезда с одного главного пути на другой (рисунки 2.43, 2.44).

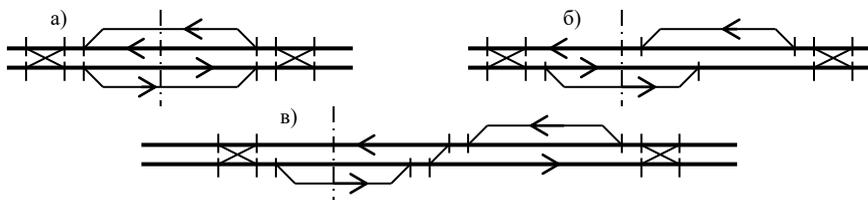


Рисунок 2.43 – Типы обгонных пунктов: а) поперечный; б) полупродольный; в) продольный

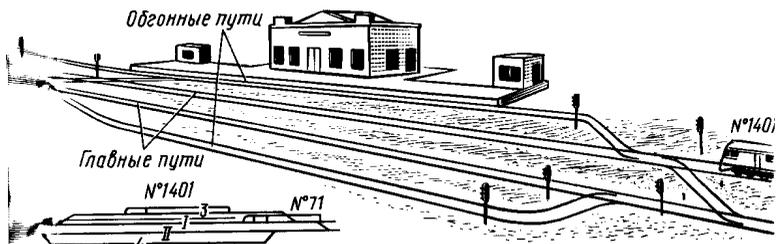


Рисунок 2.44 – Обгонный пункт поперечного типа в путях

Путевые посты – это раздельные 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 светофоры** (рисунок 2.45), 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), *пас-*

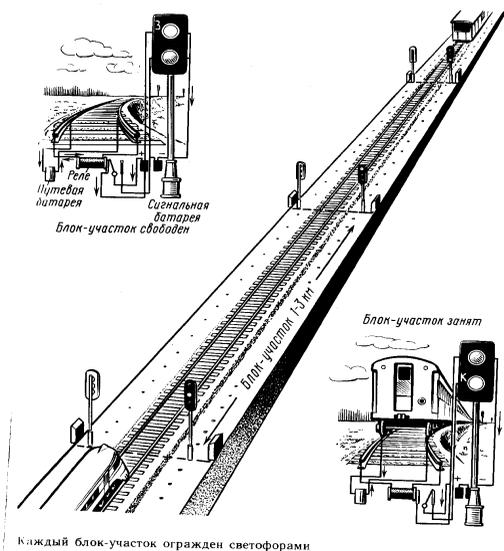


Рисунок 3.45. Расположение светофора на участке, оборудованном автоблокировкой

сажирские (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.

Отдельные 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 отдельных пунктах подразделяются на станционные и специального назначения. К **станционным** путям относятся пути в границах станции: 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 (рисунок 2.46) 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.

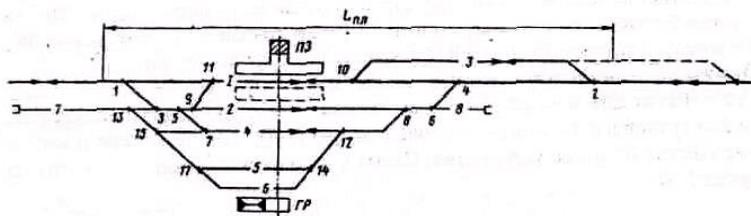


Рисунок 2.46 – Схема промежуточной станции с полупродольным расположением путей:

1 – главный; 2–4 – прямо-отправочные; 5 – выставочный; 6 – погрузочно-выгрузочный; 7 – вытяжной; 8 – предохранительный тупик; $L_{пл}$ – длина станционной площадки

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 направлением (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); обслуживания 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 2.47.

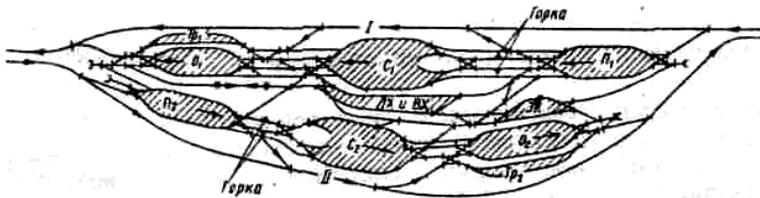


Рисунок 2.48 – Схема двусторонней сортировочной станции

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.

Железнодорожные и транспортные узлы. Железнодорожным узлом называется пункт примыкания нескольких железнодорожных линий, в котором имеются специализированные станции и другие отдельные пункты, связанные соединительными путями, обеспечивающими пропуск пассажирских и грузовых поездов с одной линии на другую. *Границей* узла служат входные сигналы предузловых отдельных пунктов. Железнодорожный узел в крупных населенных пунктах является частью транспортного узла, представляющего собой комплекс транспортных устройств в районе стыка различных видов транспорта, совместно выполняющих операции по обслуживанию транзитных, местных и городских перевозок. В транспортный узел, помимо железных дорог, могут входить морской, речной порты, автомобильные дороги, сеть

промышленного транспорта, аэропорты, сети трубопроводного транспорта и городской транспорт.

В транспортном узле происходит массовая пересадка пассажиров и передача грузов с одного вида транспорта на другой. Примеры железнодорожных узлов: Брестский, Гомельский, Киевский, Московский и т. д.

2. 5 Основы организации движения поездов

Оперативное руководство эксплуатационной работой на железнодорожном транспорте осуществляют специалисты службы перевозок, несущие сменные круглосуточные дежурства. Оперативной работой станции руководит дежурный по станции (ДСП) или маневровый диспетчер (ДСЦ), а на крупных двухсистемных станциях – станционный диспетчер (ДСЦС). Движением поездов и работой станций в пределах участка руководит поездной диспетчер (ДНЦ), а в пределах железнодорожного узла – узловой диспетчер (ДНЦУ).

Работу поездных диспетчеров в пределах отделения дороги объединяет дежурный по отделению (ДНЦО).

Общее руководство оперативной работой в пределах дороги осуществляют дорожные диспетчеры (ДГП), а в Министерстве путей сообщения Российской Федерации по группам дорог – ревизоры-диспетчеры.

На железнодорожном транспорте движение поездов осуществляется по графику. **График движения поездов (ГДП)** выражает план всей эксплуатационной работы железных дорог и является основой организации перевозок. Движение поездов строго по графику достигается точным выполнением технологического процесса работы станций, локомотивных и вагонных депо, тяговых подстанций, пунктов технического обслуживания, дистанций пути и других подразделений железных дорог, связанных с движением поездов. Объединяя и координируя работу всех этих подразделений, график дает возможность осуществить необходимое взаимодействие между ними.

График движения поездов должен обеспечивать: выполнение плана перевозок пассажиров и грузов; безопасность движения поездов; наиболее эффективное использование провозной, пропускной и перерабатывающей способности станций; высокопроизводительное использование подвижного состава; соблюдение установленной продолжительности непрерывной работы локомотивных бригад; возможность производства работ по текущему содержанию пути, сооружений, устройств СЦБ, связи и электроснабжения.

ГДП устанавливает время хода поездов по перегонам, время их отправления со станций и прибытия на станции, продолжительность стоянок в пунктах скрещения и обгона.

Вместе с тем ГДП определяет план работы станций, локомотивных и вагонных депо, участков, дистанций пути и других звеньев транспорта, от согласованной работы которых зависит точное выполнение графика.

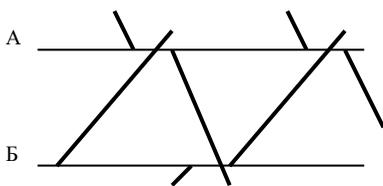
Исходными данными для составления ГДП является: объем перевозок пассажиров и грузов; план формирования поездов; техническая вооруженность линии (род тяги, количество главных и станционных путей, устройства СЦБ); технология работы станций, депо, дистанций и других подразделений, связанных с движением поездов; времена хода, стоянок, станционные интервалы, дополнительное время на разгоны, замедления поездов и др.

Ход поезда изображается на графике в виде движения точки в системе координат, где по оси абсцисс откладывается время суток от 0 до 24 ч, а по оси ординат – пройденное расстояние.

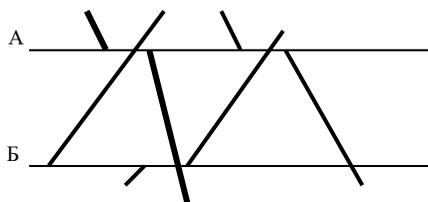
Нечетные поезда на графике наносятся сверху вниз, а четные – снизу вверх. В точках пересечения линий движения поездов с осями отдельных пунктов (в тупых углах) ставится последняя цифра времени прибытия, отправления или проследования поездов, указывающая число минут сверх целого десятка.

ГДП классифицируются следующим образом (рисунок 2.49):

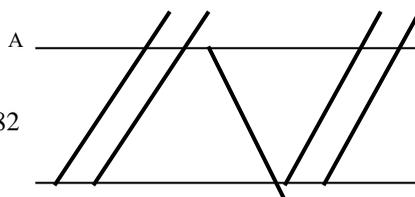
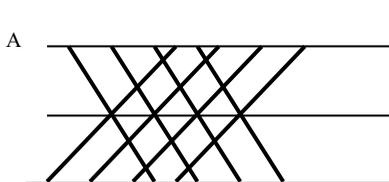
- *параллельные и непараллельные* (в зависимости от скорости движения поездов);
- *однопутные и двухпутные* (по числу главных путей на перегонах);
- *парные и непарные* (по соотношению числа поездов в четном и нечетном направлении);
- *обыкновенные, пачечные, пакетные и частично пакетные* (в зависимости от расположения поездов попутного следования).



Однопутный параллельный график



Однопутный непараллельный график



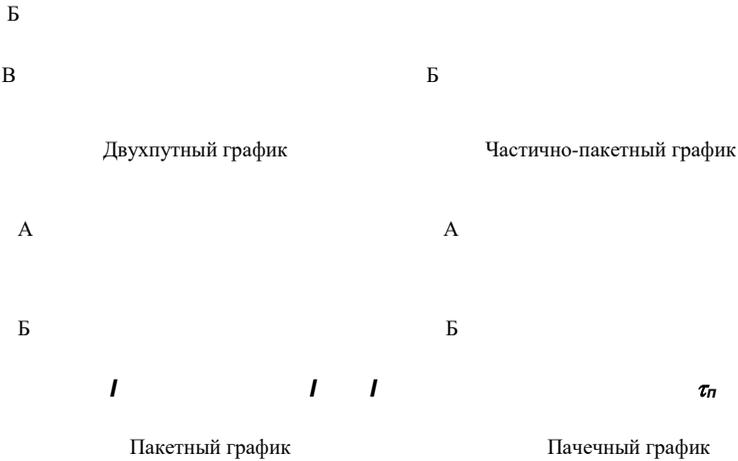


Рисунок 2.49 – Схемы графиков движения поездов

- *насыщенные и ненасыщенные* (в зависимости от степени заполнения пропускной способности);

- *идентичные и неидентичные* (в зависимости от соотношения сумм времени хода четных и нечетных поездов на перегонах).

Промежуток времени между прибытием поезда на соседнюю станцию и отправлением со станции на этот же перегон поезда попутного направления называется *интервалом попутного следования* (τ_n). Такой интервал используется при организации движения поездов на участках, оборудованных: полуавтоматической блокировкой, электрожелезной системой, телефонными средствами связи (см. рисунок 2.49 – пачечный график).

Интервал между попутными поездами при автоблокировке (I) приведен на рисунке 2.49 – пакетный график.

Промежуток времени между прибытием поезда с перегона на станцию и отправлением на этот же перегон поезда встречного направления (рисунок 2. 50) называется *интервалом скрещения* (τ_c).

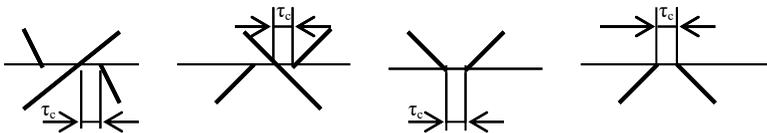


Рисунок 2.50 – Схемы интервалов скрещения

Промежуток времени между прибытием на станцию двух поездов встречного направления (рисунок 2.51) называется *интервалом одновременного прибытия* (τ_n).

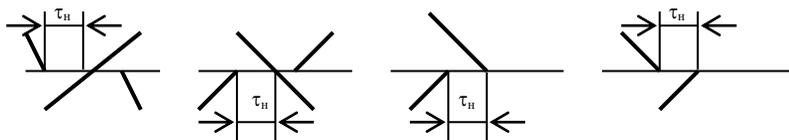


Рисунок 2.51– Схемы интервалов одновременного прибытия

При отпращивании поезда после остановки время хода по перегону увеличивается на величину *интервала разгона* (τ_p).

При остановке поезда время хода по перегону увеличивается на *интервал замедления* (τ_3).

Скорость движения измеряется в километрах в час и в дифференциальной форме представляет собой приращение пути за единицу времени, т. е.

$$v = ds/dt. \quad (2.5)$$

Ходовая скорость (v_x) – средняя скорость движения поездов по участку без учета затрат времени на разгоны, замедления и стоянки на промежуточных станциях,

$$v_x = \sum NL / \sum NT_x, \quad (2.6)$$

где $\sum NL$ – суммарные поездо-километры на участке; $\sum NT_x$ – суммарные поездо-часы на участке без учета затрат времени на разгоны, замедления и стоянки на промежуточных станциях.

Техническая скорость (v_t) – средняя скорость движения поездов по участку с учетом затрат времени на разгон и замедление и без учета затрат времени на стоянки на промежуточных станциях,

$$v_t = \sum NL / \sum NT_\delta = \sum NL / (\sum NT_x + \sum \tau_{p3}), \quad (2.7)$$

где $\sum NT_\delta$ – суммарные поездо-часы в движении по участку.

Участковая скорость (v_y) – средняя скорость движения поездов по участку с учетом затрат времени на разгон, замедление и стоянки на промежуточных станциях,

$$v_y = \Sigma NL / \Sigma NT_{nyumi} = \Sigma NL / (\Sigma NT_x + \Sigma \tau_{pz} + \Sigma t_{cm}), \quad (2.8)$$

где ΣNT_{nyumi} – суммарные поездо-часы нахождения поездов на участке.

Качество построения ГДП можно оценить с помощью коэффициентов отношения скоростей

$$\beta_T = v_y / v_T \text{ и } \beta_X = v_y / v_X. \quad (2.9)$$

Нужно стремиться к увеличению коэффициента β_T . Чем выше этот коэффициент, тем меньше простои поездов на промежуточных станциях и тем выше качество построения графика движения.

Пропускной способностью железнодорожной линии называется число поездов или пар поездов установленной массы, которое может быть пропущено в единицу времени (сутки) в зависимости от имеющихся технических средств, типа и мощности подвижного состава и принятых методов организации движения поездов (типа графика).

Различают пропускную способность *наличную*, т. е. ту, которой обладает линия в настоящее время, и *потребную*, необходимую для заданных размеров движения.

Возможные размеры грузовых перевозок в миллионах тонн, которые могут быть выполнены на данной линии в течение года, называются **провозной способностью**.

Наличная пропускная способность участка по ограничивающему перегону

$$N_H = (1440 - t_{\text{техн}})\alpha_n k / T_{\text{пер}}, \quad (2.10)$$

где 1440 – число минут в сутках; $t_{\text{техн}}$ – технологическое время, необходимое на содержание пути, мин; α_n – коэффициент надежности технических средств (вагонов, локомотивов и т. д.); k – число поездов или пар поездов в периоде; $T_{\text{пер}}$ – период графика, мин.

Периодом графика движения поездов (рисунок 2.52) называется время занятия перегона группой поездов, расположение которых на графике периодически повторяется.

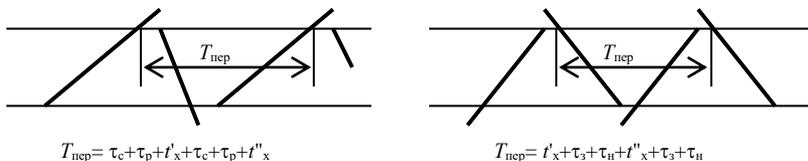


Рисунок 2.52 – Схемы пропуска поездов через ограничивающий перегон

Перегон, у которого самая большая сумма времени хода четных и нечетных поездов на участке, называется *максимальным*.

Для увеличения пропускной способности на максимальном перегоне применяется схема прокладки поездов, имеющая минимальный период графика.

Перегон, имеющий максимальный период графика, называется *ограничивающим*.

Число пар грузовых поездов, которое может быть пропущено по участку при непараллельном (нормальном) графике,

$$N_{гр} = N_n - N_{пас} \varepsilon_{пас} - N_{сб} \varepsilon_{сб}, \quad (2.11)$$

где N_n – расчетное число пар поездов при параллельном графике (наличная пропускная способность); $N_{пас}$ и $N_{сб}$ – число пар соответственно пассажирских и сборных поездов; $\varepsilon_{пас}$ и $\varepsilon_{сб}$ – коэффициенты съема, показывающие, сколько пар грузовых поездов параллельного графика снимается с графика соответственно парой пассажирских (рисунок 2.53, а) и сборных поездов (рисунок 2.53, б).

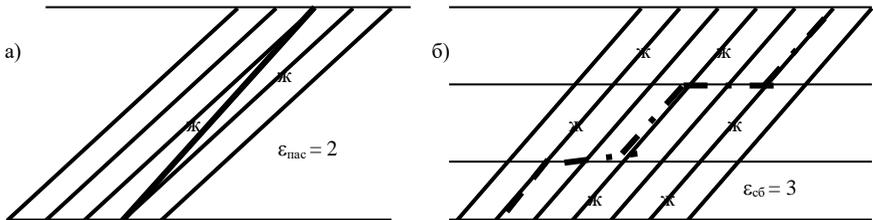


Рисунок 2.53 – Определение коэффициента съема грузовых поездов: а) пассажирским и б) сборным поездами

Потребная пропускная способность (N_n) определяется по формуле

$$N_n = N_{гр} \alpha_p + N_{пас} \varepsilon_{пас} + N_{сб} \varepsilon_{сб}, \quad (2.12)$$

где α_p – коэффициент резерва пропускной способности.

Наличная провозная способность (Γ_n) определяется по формуле

$$\Gamma_n = 365 N_{гр} Q_{бр} \varphi_n / 10^6 \kappa_n, \quad (2.13)$$

где $Q_{бр}$ – масса поезда брутто, т; φ_n – отношение массы поезда нетто к массе

поезда брутто; 10^6 – коэффициент перевода; k_n – коэффициент неравномерности (сезонности) перевозок.

Система организации и продвижения груженых и порожних вагонопотоков в пункты назначения определяется **планом формирования поездов (ПФП)**. Разрабатывается он на основе плана перевозок, который устанавливает корреспонденцию вагонопотоков между районами погрузки и выгрузки.

Вагоны, отправляемые со станций и следующие по определенным назначениям, образуют *вагонные струи*.

Правильная организация этих потоков обеспечивает ускорение оборота вагонов, наименьшую затрату маневровых средств, экономию эксплуатационных расходов.

План формирования поездов устанавливает, какие поезда, из вагонов какого назначения и в адрес каких станций формирует каждая сортировочная, участковая, грузовая или другая станция.

Данные о корреспонденции вагонопотоков сводятся в косые таблицы (таблица 2.3) или в "шахматки", наглядно показывающие число вагонов, проходящих через станции или подразделения.

Вариант плана формирования, разработанный с учетом вагонопотоков, приведенных в таблице 2.3, представлен на рисунке 2.54.

Т а б л и ц а 2.3 – Косая таблица вагонопотоков

Станция отправления	Станция назначения				Итого	
	А	Б	В	Г		Д
А	-	150	820	280	140	1390
Б	230	-	80	-	210	520
В	770	-	-	560	310	1640
Г	205	145	450	-	650	1450
Д	200	170	325	610	-	1305
В с е г о	1405	465	1675	1450	1310	6305

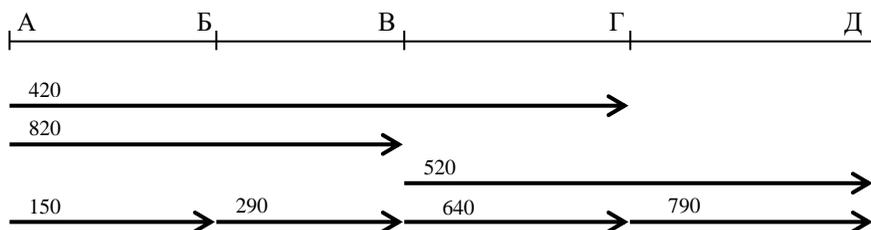


Рисунок 2.54 – Вариант плана формирования в виде струй вагонопотоков

Таким образом, ПФП определяет станции назначения или расформирования поездов, а также характер и объем работы всех станций.

При составлении ПФП стремятся включить как можно большее число вагонов в маршруты, чтобы поезда следовали на большие расстояния без переработки (переформирования) на попутных станциях. При этом ускоряется продвижение груза, улучшается использование подвижного состава, снижаются затраты на перевозки. В этом суть и значение **маршрутизации** перевозок.

Маршрутизация бывает *отправительской*, если маршруты организуются на одной станции из вагонов, загруженных одним отправителем и следующих на одну станцию выгрузки или распыления по точкам выгрузки.

Если вагонов, загруженных отправителем недостаточно для целого состава, маршруты формируют из вагонов, загруженных на нескольких станциях одного (двух) участков или несколькими отправителями на одной станции. Такие маршруты называются *ступенчатыми*.

Поездом называется сформированный и сцепленный состав вагонов с одним или несколькими действующими локомотивами или моторными вагонами, имеющий установленные сигналы.

Поезда подразделяются на пассажирские, грузовые, специальные (восстановительные, пожарные и др.) и общего назначения.

По старшинству поезда делятся:

- *на внеочередные* – пожарные и восстановительные поезда, снегоочистители, одиночные локомотивы, автомотрисы и дрезины несъемного типа, назначаемые для восстановления нормального движения и тушения пожара;

- *очередные* в порядке старшинства – пассажирские скоростные и скорые, пассажирские всех остальных наименований, почтово-багажные, воинские, грузопассажирские, людские, ускоренные грузовые, хозяйственные поезда и локомотивы без вагонов.

Людскими называются грузовые поезда при постановке в них 10 вагонов и более, занятых людьми, а *хозяйственными* – поезда, обслуживающие собственные нужды дороги (перевозка балласта, рельсов, шпал и др.).

При разработке плана формирования после выделения отправительских и ступенчатых маршрутов из оставшегося вагонопотока планируют формирование поездов других категорий. К ним относятся поезда:

- *сквозные*, проходящие без переработки не менее чем через одну техническую (сортировочную или участковую) станцию;

- *участковые*, следующие без переработки от одной технической станции до другой;

- *сборные*, состоящие из вагонов назначением на промежуточные станции прилегающего участка;
- *передаточные*, для доставки вагонов с одной станции узла на другую;
- *вывозные*, для вывоза групп вагонов с узла на ближайшие станции участка.

В зависимости от числа групп вагонов разных назначений поезда могут быть одnogруппные и групповые.

Для оценки плана формирования поездов подсчитывают его показатели. Основные из них:

- общая затрата вагоно-часов, в том числе на накопление вагонов и их переработку;
- уровень отправительской и ступенчатой маршрутизации;
- средняя дальность пробега вагонов без переработки и т. д.

Каждому поезду в зависимости от его категории на станциях формирования присваивают номер. *Пассажирским*: скорым – 1–149, скоростным – 151–179, пассажирским дальним круглогодичного обращения – 181–299, пригородным – 6001–6999; *грузовым*: сквозным – 2001–2998, участковым – 3001–3398, сборным – 3401–3498 и т. д.

Поездам одного направления (с севера на юг и с востока на запад) присваиваются нечетные номера, а поездам обратного направления – четные.

Кроме номера, каждому грузовому поезду на станции его формирования присваивается индекс, который не изменяется до станции расформирования. Индекс грузового поезда представляет собой специальный код, состоящий из 10 цифр, первые четыре из которых являются единой сетевой разметкой (ЕСР) станции формирования, следующие две – порядковым номером состава, сформированного на этой станции, а последние четыре – ЕСР станции назначения поезда.

Организация движения поездов, операции по приему, отправлению и сквозному пропуску поездов на станциях осуществляются согласно Правилам технической эксплуатации (ПТЭ), Инструкции по движению поездов и маневровой работе и Инструкции по сигнализации.

2.6 Тяговый подвижной состав

Движение поездов на железнодорожном транспорте осуществляется с помощью тягового подвижного состава. К нему относятся локомотивы и мотор-вагонный подвижной состав. Последний состоит из моторных и прицепных вагонов.

Локомотивы, у которых преобразование тепловой энергии, получаемой при сжигании топлива, в механическую производится установкой с паровым котлом и паровой машиной, называются *паровозами*.

Локомотивы с поршневыми двигателями внутреннего сгорания (дизелями) называются *тепловозами*, а с газотурбинными установками – *газотурбовозами*.

Паровозы, тепловозы и газотурбовозы являются *автономными локомотивами*.

У локомотивов и мотор-вагонного подвижного состава с *неавтономной тягой* (*электровозов* (рисунок 2.55) и *электропоездов*) первичная (электрическая) энергия поступает на локомотив и моторный вагон от внешних источников (от контактных тяговых проводов).

При электрической тяге мощность локомотивов не ограничена первичным двигателем, поэтому электровозы могут иметь большие мощности в сравнении с автономными локомотивами.

Коэффициент полезного действия (КПД) локомотивов, характеризующий степень использования тепла сгорания топлива для получения полезной работы на электротяге при питании от тепловых электростанций, составляет 25–26 %. С учетом доли гидроэлектростанций КПД повышается до 32 %. КПД тепловозов составляет 29–31 %, а паровозов – 5–7 %.

По роду работы локомотивы подразделяются на грузовые (мощные), пассажирские (скоростные) и маневровые.

На электрифицированных линиях для перевозки пассажиров в пригородном сообщении используются *электропоезда*, на неэлектрифицированных линиях – *дизель-поезда* и *автоматрисы*.

Все эксплуатируемые и строящиеся локомотивы можно классифицировать по следующим признакам:

- по роду службы (выполняемой работы) – грузовые (рисунок 2.56), пассажирские (рисунок 2.57) и маневровые (рисунок 2.58);

- 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

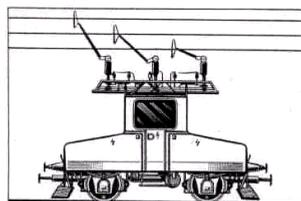
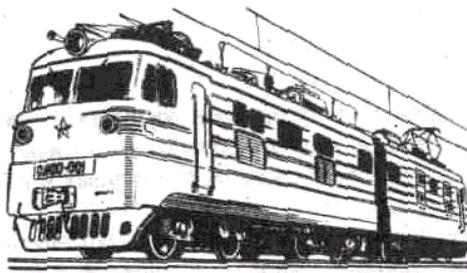


Рисунок 2.55 – Один из первых электровозов трехфазного тока, созданный в 1892 г.



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 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.

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".

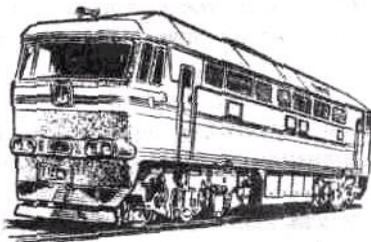


Рисунок 2.57 – Пассажирский тепловоз ТЭП75

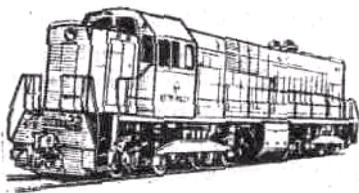


Рисунок 2.58 – Маневровый тепловоз ТЭМ7

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

Тепловоз с осевой характеристикой $2(3o - 3o)$ – 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 $3o - 3o - 3o - 3o$.

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.

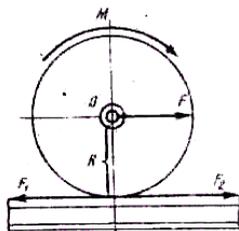
Силы, действующие на поезд. На движущийся поезд действуют силы, разнообразные по величине, направлению и времени действия. Для удобства расчетов все внешние силы, оказывающие влияние на движение поезда, объединяют в три группы и обозначают: F – сила тяги; W – силы сопротивления движению; B – тормозные силы.

В тяговых расчетах пользуются либо полным значением этих сил, выраженным в кгс, либо их удельным значением, отнесенным к единице массы поезда (f , w , b).

Сила тяги создается двигателем локомотива во взаимодействии с рельсами, приложена к движущим колесам и всегда направлена в сторону движения поезда. Ее значение регулируется в широких пределах машинистом, ведущим поезд.

Вращающий момент M двигателя (рисунок 2.59) создает пару сил F и F_1 , действующих на плече R , равно радиусу колеса по кругу катания. Эти силы стремятся вращать колесо вокруг его оси. Для получения поступательного движения нужна внешняя сила, приложенная к движущим колёсам. Такой силой является горизонтальная реакция рельса F_3 , вызванная действием силы F_1 . Численно силы F_2 и F_1 между собой равны и направлены в противоположные стороны.

Рисунок 2.59 – Схема образования силы тяги



Таким образом, сила реакции рельса F_2 уравновесила силу F_1 и тем самым освободила силу F для осуществления поступательного движения локомотива. На практике силой тяги локомотива принято называть горизонтальную реакцию F_2 ,

приложенную от рельсов к ободу движущих колес и направленную в сторону движения. Поскольку эта сила направлена по касательной к окружности колеса, она получила название касательной силы тяги. Для

локомотива в целом касательная сила тяги определяется как сумма касательных сил, приложенных ко всем движущим колесам локомотива, и обозначается F_k .

С увеличением вращающего момента, приложенного к колесам локомотива, возрастает и сила тяги, однако лишь до тех пор, пока она не достигнет предельной силы сцепления колес с рельсами. При дальнейшем увеличении вращающего момента сцепление между колесами и рельсами нарушается и колеса начинают буксовать. Сила сцепления зависит от коэффициента сцепления Ψ_k и сцепной массы локомотива $P_{сц}$, т. е. от массы, приходящейся на движущие колесные пары. Наибольшая сила тяги локомотива, которая может быть реализована по условиям сцепления колес с рельсами, составляет $F_k \leq 1000 \Psi_k P_{сц}$.

Коэффициент сцепления Ψ_k зависит от многих факторов, из которых наиболее существенными являются: род двигателя локомотива, скорость движения, состояние поверхностей колес и рельсов, метеорологические условия. Применение песка позволяет существенно увеличить коэффициент сцепления, а соответственно и силу тяги локомотива. Расчетные значения коэффициента сцепления устанавливаются ПТР в зависимости от типа локомотива и скорости движения.

Значения силы тяги при различных скоростях движения определяют по тяговым характеристикам локомотивов, которые составляют на основе данных, получаемых при тяговых испытаниях. Эти характеристики изображаются в виде диаграмм, определяющих зависимость силы тяги F_k от скорости движения v при различных режимах работы двигателей. На эти диаграммы наносятся указанное ограничение силы тяги по сцеплению, а также другие ограничения силы тяги, связанные с особенностями локомотивов.

Расчет массы грузовых поездов. На движущийся поезд действует много постоянных и переменных сил, разнообразных по величине и направлению: сила тяжести вагонов и локомотива, сила тяги локомотива, а также силы сопротивления движению в сцепных приборах, от взаимодействия колес с рельсами в горизонтальной и вертикальной плоскостях, инерции и др. Под действием этих сил одновременно с качением колес по рельсам имеет место вилание, галопирование, скольжение, наклон отдельных единиц подвижного состава в поезде.

Зависимость между равнодействующей названных сил и ускорением описывается дифференциальным уравнением, называемым *уравнением движения поезда*.

При решении уравнения движения поезда из всех перемещений подвижного состава учитывают только поступательное и вращательное, например, якорей тяговых электродвигателей, зубчатых передач и колесных пар. Эти факторы определяют характер движения поезда.

При движении по участкам и в кривых изменяется сила сопротивления движению, а в режиме торможения на поезд действует еще и тормозная сила.

В общем случае на движущийся поезд действует сила тяги локомотива F_k , суммарная сила основного и дополнительного сопротивления движению W_k и тормозная сила B_T . Результирующая сил, приложенных к поезду,

$$R = F_k \pm W_k - B_T. \quad (2.14)$$

Уравнение движения поезда, приведенное к 1 т его массы, имеет вид

$$\frac{dv}{dt} = \xi(f_k \pm w_k - b_T), \quad (2.15)$$

где ξ – ускорение движения поезда от действия удельной силы 1 кгс/т (для эксплуатационных расчетов $\xi = 120$ км/ч²; f_k – удельная касательная сила тяги локомотива; w_k – общее удельное сопротивление движению поезда; b_T – удельная тормозная сила поезда от действия тормозных колодок.

Для частных случаев основное уравнение движения (2.2) упрощается и для движения в режиме тяги с равномерной скоростью приобретает вид

$$b_T = 0; \quad \frac{dv}{dt} = 0; \quad f_k = w_k, \quad (2.16)$$

или

$$F_k = W_k = (w_o'' + i_p)Q + (w_o' + i_p)P. \quad (2.17)$$

Откуда

$$Q = \frac{F_k - (w_o' + i_p)P}{w_o'' + i_p}, \quad (2.18)$$

где Q и P – соответственно масса состава и локомотива, т; w_o' и w_o'' – соответственно основное удельное сопротивление движению локомотивов и вагонов, кгс/т; i_p – расчетный подъем (наиболее крутой и затяжной подъем, который не может быть преодолен с использованием кинетической энергии поезда. Определяется с учетом дополнительного сопротивления от кривых, если они имеются на этом подъеме), ‰.

Устройство электровоза. Кузов электровоза (рисунок 2.60) служит для размещения в нем электрической аппаратуры и другого оборудования. Он

опирается на тележки, на которых установлены тяговые двигатели, по одному для каждой оси. С помощью зубчатого привода вращающий момент от тяговых двигателей передается колесным парам.

Тележка электровоза состоит из рамы, колесных пар с буксами, рессорного подвешивания и тормозного оборудования.

Применяется опорно-осевая и рамная подвески тяговых двигателей. Опорно-осевая подвеска вредно воздействует на путь, так как электродвигатель подрессорен только с одной стороны. На локомотивах с конструкционными скоростями свыше

130 км/ч применяют рамную подвеску тягового двигателя. При этом двигатель расположен над осью колесной пары и прикреплен к раме тележки, но здесь усложняется передача усилия от вала двигателя к колесной паре. Расположение основного оборудования на кузове электровоза приведено на рисунке 2.61.

Передача электроэнергии от контактного провода к силовой цепи электровоза осуществляется с помощью токоприемника (пантографа).

Электрическое оборудование электровозов. В качестве тяговых двигателей на электровозах постоянного тока в основном применяют двигатели с

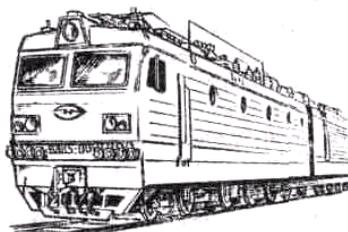


Рисунок 2.60 – Электровоз серии ВЛ85

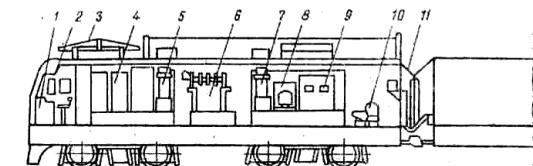


Рисунок 2.61 – Расположение основного оборудования на кузове электровоза переменного тока: 1 – пульт управления; 2 – кабина машиниста; 3 – токоприемник; 4 – аппараты управления; 5, 7 – выпрямительные установки; 6 – трансформатор с переключателем ступеней; 8 – блок системы охлаждения; 9 – распределительный щит; 10 – мотор-компрессор; 11 – межсекционное соединение

последовательным возбуждением с номинальным $U = 1500$ В. Основным аппаратом управления электровоза является контроллер машиниста. Главная рукоятка контроллера служит для переключения тяговых электродвигателей с одной схемы соединения на другую и изменения пусковых соединений. С помощью реверсивной рукоятки изменяется направление движения электровоза. Вспомогательные машины – мотор-вентиляторы, мотор-компрессоры, мотор-генератор и генератор тока

управления, аккумуляторные батареи (резервный источник питания цепей управления).

При постоянном токе напряжение контактной сети $U = 3000$ В. При переменном токе $U = 25000$ В и частота 50 Гц. При этом электровоз оборудуется понижающим трансформатором и выпрямительной установкой.

В местах стыкования однофазного напряжения 25000 В и постоянного $U = 3000$ В применяют электровозы с двойным питанием (ВЛ82, ВЛ82^м).

Устройство тепловоза. История создания тепловоза такова. 20 декабря 1921 года в газете "Известия" была напечатана статья А. Белякова "Новые пути оживления железнодорожного транспорта", в которой говорилось о "грузовиках, поставленных на рельсы". Статью прочел В. И. Ленин и предугадал в "грузовике на рельсах" новый тип локомотива. По инициативе Ленина Совет Труда и Оборона 4 января 1922 года принимает постановление о разработке проектов и строительстве тепловозов. Вскоре было утверждено бюро по постройке тепловозов, которое возглавил Я. М. Гаккель.

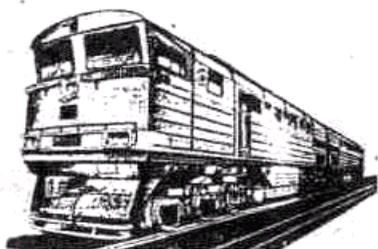
Проектирование тепловоза началось в декабре 1922 года. Строился первый отечественный тепловоз в Ленинграде на Балтийском судостроительном заводе. Ходовую часть для тепловоза поставил завод "Красный путиловец", а тяговые электродвигатели – завод "Электрик".

Не прошло и двух лет, как уникальная машина была готова. 5 августа 1924 года тепловоз вышел из ворот Балтийского судостроительного завода. А 7 ноября 1924 года первый в мире магистральный тепловоз мощностью 1000 лошадиных сил с электрической передачей совершил свой первый рейс по Октябрьской железной дороге от Ленинграда до станции Обухово и обратно.

Вот что сообщала по этому поводу газета "Вечерняя Москва": "На Октябрьской железной дороге была произведена первая проба тепловоза Гаккеля. Тепловоз быстро и плавно брал с места. Предполагается, что тепловоз сможет поднять до 80 000 пудов".

Постройка такого тепловоза была выдающейся победой. Весь мир был удивлен "металлическим чудом", которое сотворили советские люди в невероятно тяжелые 20-е годы, не имея ни опыта, ни специальной технической базы. Советский Союз стал родиной магистральных тепловозов.

Тепловоз (рисунок 2.62) состоит из следующих основных частей: экипажа (рама, тележки, колесные пары с буксами, рессорное подвешивание), кузова, первичного двигателя (дизеля), передачи, вспомогательного оборудования (топливная система,



система смазки, охлаждения и т. д.).

У большинства тепловозов рама опирается на две трехосные тележки через восемь боковых опор. В средней части главной рамы

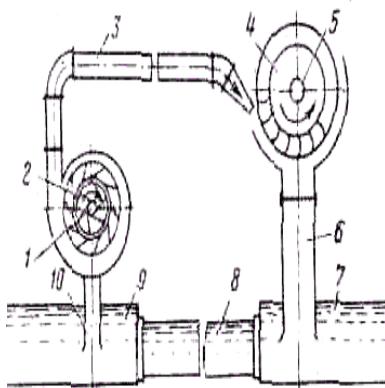
расположена дизель-генераторная установка. На главной раме размещаются кабина, кузов, силовое и вспомогательное оборудование тепловоза.

Виды передач, применяемых на тяговом подвижном составе. Наиболее распространенной является *электрическая передача*, при которой усилие создается тяговым электродвигателем, соединенным шестеренчатой передачей с тяговой колесной парой. Такая передача используется на электроподвижном составе и в большинстве тепловозов. Коленчатый вал дизеля тепловоза вращает якорь тягового генератора, который вырабатывает электрический ток, поступающий в тяговые двигатели. Кроме того, тяговый генератор, питаемый от аккумуляторной батареи, работает в качестве электродвигателя при запуске дизеля.

Механическая передача подобна автомобильной и состоит из шестеренчатой коробки передач (скоростей), реверсивного устройства и муфты сцепления. Однако при переключении скоростей возникает резкое падение и возрастание силы тяги, что вызывает рывки в составе. Поэтому такая передача используется лишь в мотовозах, автомотрисах и дизельных поездах сравнительно небольшой мощности.

Гидравлическая передача (рисунок 2.63) не имеет недостатков, присущих механической передаче, она дешевле и проще электрической. Основными элементами гидравлической передачи являются гидротрансформаторы и гидромуфты.

Принцип работы гидropередачи заключается в следующем. Вал 1 центробежного насоса 2 соединен с валом ведущего двигателя. При работе двигателя насос засасывает жидкость по трубе 10 из камеры 9 и подает ее через направляющий аппарат по трубе 3 к турбине 4, вал 5 которой связан с приводным механизмом. Жидкость из турбины по трубе 6 попадает в камеру 7, которая соединена с всасывающей камерой 9 трубой 8. Из камеры 9 жидкость снова засасывается центробежным насосом и повторяет



описанный выше путь. В гидромуфте или гидротрансформаторе насосное колесо получает вращение от вала дизеля, а турбинное колесо вращается за счет энергии потока рабочей жидкости, нагнетаемой рабочим колесом.

Локомотивное хозяйство обеспечивает перевозочную работу железных дорог тяговыми средствами и содержание этих средств в соответствии с техническими требованиями. К сооружениям и устройствам этого хозяйства относятся основные локомотивные депо, специализированные мастерские по ремонту отдельных узлов локомотивов, пункты технического обслуживания, экипировки локомотивов и смены бригад, базы запаса локомотивов. Под экипировкой понимают комплекс операций по снабжению их топливом, водой, песком, смазкой, обтирочными материалами, связанных с подготовкой локомотивов к работе.

Локомотивные депо – это основные производственные единицы локомотивного хозяйства Их сооружают на участковых, сортировочных и пассажирских станциях, выбираемых на основе технико-экономического сравнения различных вариантов. Депо, имеющие приписной парк локомотивов для обслуживания грузовых или пассажирских поездов, локомотивные здания, мастерские и другие технические средства для производства текущего ремонта, технического обслуживания и экипировки, называются основными.

Наряду с ними в целях совершенствования организации ремонта и лучшего использования производственных мощностей на дорогах создают и ремонтные базы–депо, специализированные по видам ремонта и типам локомотивов. Например, подъемочный ремонт может быть сосредоточен в наиболее крупных и оснащенных депо при освобождении от этого вида ремонта остальных депо. Такие крупные ремонтные базы могут не иметь приписного парка локомотивов.

По виду тяги различают тепловозные, электровозные, мотор-вагонные, дизельные и смешанные депо. В крупных железнодорожных узлах со специализированными станциями (пассажирскими и сортировочными) предусматривают отдельные локомотивные депо для грузовых и пассажирских локомотивов.

В *пунктах оборота* локомотивы находятся в ожидании поездов для обратного следования с ними. За это время, как правило, производится их техническое обслуживание, совмещаемое с экипировкой.

Пункты смены бригад предусматривают преимущественно на участковых станциях и размещают исходя из условия обеспечения нормальной продолжительности работы бригад.

Пункты экипировки располагают на деповской территории. Иногда экипировочные устройства размещают непосредственно на приемо-отправочных путях для производства операций без отцепки локомотива от поезда.

Пункты технического обслуживания локомотивов размещают как в локомотивных депо, так и в пунктах оборота и экипировки локомотивов.

Размещение и техническое оснащение локомотивных депо, пунктов технического обслуживания локомотивов, мастерских, экипировочных устройств и других сооружений и устройств локомотивного хозяйства должны обеспечивать установленные размеры движения поездов, эффективное использование локомотивов, высокое качество их технического обслуживания и ремонта, высокую производительность труда.

Все локомотивы, приписанные к дороге или депо и состоящие на их балансе, составляют так называемый инвентарный парк, который подразделяется на эксплуатируемый и неэксплуатируемый. Эксплуатируемый парк состоит из локомотивов, находящихся в работе, в процессе экипировки, технического обслуживания, приемки и сдачи, а также в ожидании работы. Неэксплуатируемый парк составляют локомотивы, находящиеся в ремонте и резерве.

2.7 Вагоны и вагонное хозяйство

Вагоном называют единицу подвижного состава, предназначенную для перевозки пассажиров и грузов.

Вагон появился тогда, когда люди, используя колеса, стали конструировать первые транспортные средства. Это были простые тележки – четыре деревянных колеса да деревянный же кузов-ящик сверху.

Пассажирский железнодорожный вагон создан на основе экипажей (рисунки 2.64–2.66), в которых люди ездили по безрельсовым сухопутным дорогам. Эти экипажи уже имели все основные элементы конструкции современного вагона: кузов с окнами, колеса, рессоры. В составе первых поездов вагоны для пассажиров еще именовались каретами. В зависимости от совершенства устройства и удобства езды они

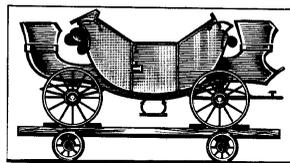


Рисунок 2.64 – Колесный экипаж – "предшественник пассажирского вагона" в состав первых поездов не включался, а устанавливался на платформу

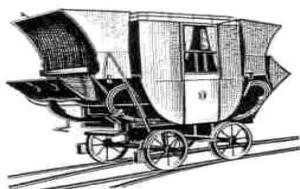


Рисунок 2.65 – Старинный пассажирский вагон II класса линии Стоктон–Дарлингтон

В "Реестре имущества" первой русской дороги общего пользования (Царскосельской) на 1 сентября 1837 года слово вагон впервые упоминается официально. В документе говорится о "восьми вагонах и пяти шарабанках отечественной выделки". По этим данным в состав поезда включалась "повозка с трубной машиной, две берлины, два дилижанса, два вагона, два шарабана, повозка длиной 15 метров, предназначенная для строевого леса, на которой были предусмотрены и сидячие места для 100 пассажиров".

В зависимости от **назначения**

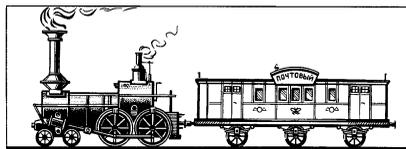


Рисунок 2.67 – Почтовый вагон первых Русских железных дорог

Пассажирские вагоны (рисунок 2.68) бывают дальнего, пригородного и межобластного сообщения (для перевозки пассажиров на расстояние 200–700 км преимущественно в дневное время).

Вагоны дальнего следования подразделяют на жесткие, мягко-

носили названия и других экипажей: простые открытые повозки – шарабаны; более благоустроенные – дилижансы; красиво отделанные удобные – берлины, линейки с мягкими сиденьями. Словом, "предки" современных пассажирских вагонов отличались большим разнообразием.

Собственно вагонами (от английского "waggon" – повозка) называли грузовые вагоны – открытые бункерного типа или платформы для других "неответственных" товаров.

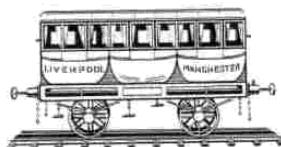


Рисунок 2.66 – Пассажирский вагон I класса линии Ливерпуль – Манчестер

вагоны объединены в пассажирский и грузовой парки.

Пассажирский парк составляют вагоны для перевозки пассажиров, а также вагоны-рестораны, почтовые (рисунок 2.67), багажные и специального назначения (служебные,

мерительные, вагоны-лаборатории, вагоны-клубы и др.).

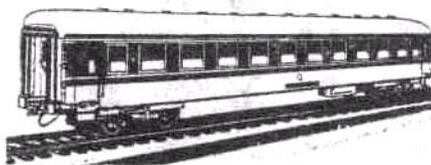
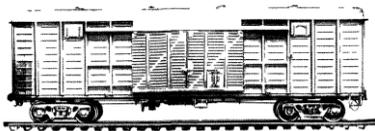


Рисунок 2.68 – Современный пассажирский вагон

жесткие, мягкие и спальные (СВ), а по планировке – на купейные (два или четыре места в купе) и некупейные. В вагонах межобластного сообщения мягкие кресла расположены в общем пассажирском салоне.

Пассажирские вагоны оборудуются системой отопления, водоснабжения, вентиляции и освещения, а также другими устройствами, обеспечивающими необходимые удобства для пассажиров. Все пассажирские вагоны четырехосные.

Грузовой парк составляют крытые вагоны, полувагоны, платформы, цистерны, изотермические, вагоны для перевозки легковых автомобилей, вагоны-хопперы, транспортеры (12–32–осные, грузоподъемностью до 500 т), передвижные мастерские, контрольно-весовые платформы, а также вагоны, приспособленные для технических и бытовых нужд железных дорог, которые в зависимости от перевозимых грузов отличаются устройством кузова.



Крытые вагоны (рисунок 2.69)

предназначены для перевозки разнообразных грузов, их сохранности и защиты от атмосферных воздействий.

Думпкары – вагон-самосвал (рисунок 2.70), так можно перевести это слово с английского языка. Такие вагоны очень удобны для перевозки сыпучих грузов – угля, песка, щебня. От других грузовых вагонов этот отличается тем, что имеет особый кузов. Он может наклоняться, а его борта при этом откидываются. Груз быстро самотеком выгружается из такого кузова. Думпкары используются на магистральных железных дорогах, на рудниках, в угольных разрезах.

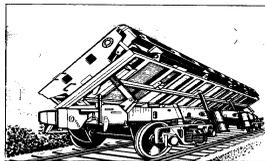


Рисунок 2.70 – Вагон-думпкар

На платформах (рисунок 2.71) перевозят длинномерные, громоздкие и тяжеловесные грузы. Платформы строят с невысокими откидными металлическими бортами, приспособленными для установки стоек, необходимых при перевозке бревен, столбов, досок и т. п.

Полувагоны (рисунок 2.72) служат в основном для перевозки массовых, навалочных, сыпучих грузов (руда, гравий, кокс, щебень, уголь и др.).

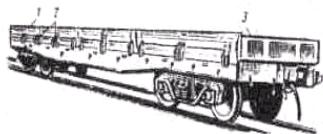


Рисунок 2.71
платформа
цельнометаллическая
1 – боковой
ограничитель борта

стью полувагонов являются вагоны-хоперы для перевозки сыпучих и пылевидных грузов.

Хопер (рисунок 2.73) имеет высокие боковые стенки, а для перевозки цемента – и крышу. Торцевые стены его наклонены к середине вагона, где расположены разгрузочные люки.

Жидкие грузы перевозят в *цистернах* (рисунок 2.74). В зависимости от перевозимых грузов цистерны могут быть разделены на две группы:

- *общего назначения* – для перевозки широкой номенклатуры нефтепродуктов;
- *специальные* – для перевозки отдельных видов грузов.

Цистерны общего назначения в свою очередь могут подразделяться на цистерны для перевозки *светлых* (бензин и т. д.) и *темных* (нефть, минеральные масла и т. п.) нефтепродуктов.

Ввиду повышенной огнеопасности светлых нефтепродуктов и ненадежной герметичности нижних сливных приборов цистерны для перевозки этих грузов оборудуют устройствами верхнего слива (колпаками). В цистернах для темных нефтепродуктов предусмотрены нижние сливные

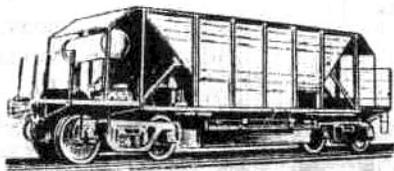


Рисунок 2.73 – Хоппер с прибором измерения радиации ЦНИИ-ДВЗ

верхность цистерн для перевозки кислот покрыта защитным слоем (резиной, свинцом), предохраняющим металл от действия кислот. В этих же целях котлы цистерн изготовляют из кислотоупорных металлов, нержавеющей стали, алюминия.

Цистерны для перевозки молока делают из нержавеющей стали, покрытой снаружи слоем тепловой изоляции.

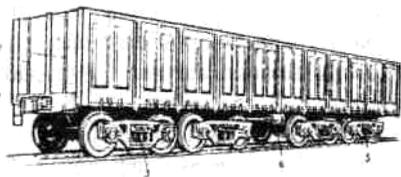


Рисунок 2.72 – Восьмиосный полувагон грузоподъемностью 125 т: 1 – кузов; 2 – автосцепка; 3 – двухосная тележка; 4 – тормозной цилиндр; 5 – рама кузова

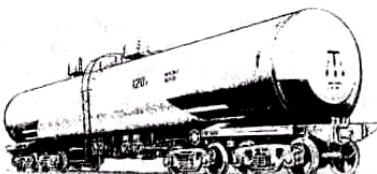


Рисунок 2.74 – Восьмиосная цистерна

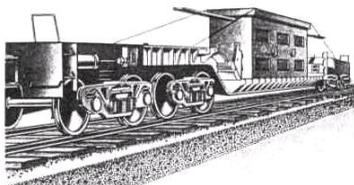
Вязкие нефтепродукты перевозят в цистернах, оборудованных паровой рубашкой для разогрева груза при выгрузке.

Скоропортящиеся грузы доставляют в *изотермических* вагонах (рисунок 2.75). Для поддержания внутри вагонов необходимой температуры их оборудуют приборами охлаждения и отопления, а кузова имеют тепловую изоляцию. Изотермические вагоны соединяются в рефрижераторные поезда или секции по 21, 12, 5 единиц.



Рисунок 2.75 – Изотермический вагон

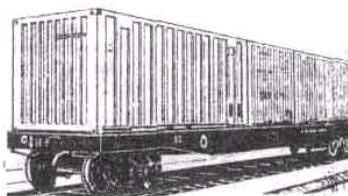
Вагоны специального назначения предназначаются для грузов, требующих особых условий перевозки. К ним относят *транспортеры* – многоосные платформы (рисунок 2.76), вагоны для перевозки скота, живой рыбы, битума, легковых автомобилей и вагоны, предназначенные для технических и бытовых нужд железных дорог.



Для перевозки различных грузов используют *контейнеры* (деревянные или металлические) с массой брутто 3, 5, 10, 20 и более тонн (рисунок 2.77).

Контейнеризация – один из важнейших способов ускорения перевозочного

процесса, снижения транспортных издержек и повышения качества обслуживания грузоотправителей. Для перевозки большегрузных контейнеров используется специализированный подвижной состав – платформы с удлиненной базой грузоподъемностью 60 т.



ной

Специальные контейнеры большой грузоподъемности, приспособленные для подкатки под них автомобильных шасси, называют *контрейлерами*.

На вагон наносятся следующие четкие

знаки и надписи: дорога – собственница вагона (например, БЧ – Беларуская чыгунка), время и место постройки, а также производства установленных видов ремонта, ревизии букс и тормозов; номер вагона, тара, грузоподъемность на грузовых вагонах, а на пассажирских – число

мест. Номер вагона состоит из 8 цифр: первая обозначает род вагона; 0 – пассажирские, 2 – крытые, 4 – платформы, 6 – полувагоны, 7 – цистерны, 8 – рефрижератор, 9 – прочие. Вторая и третья цифры кодируют другие технические характеристики, четвертая, пятая, шестая и седьмая – порядковый номер вагона, восьмая – контрольный знак. Каждый вагон должен иметь символ на принадлежность его тому или иному государству.

Основными параметрами для технико-экономической оценки конструкции и эксплуатационных особенностей вагонов являются: грузоподъемность, тара, удельный объем кузова, число осей, удельная площадь пола, коэффициент тары, давление от колесной пары на рельсы, давление на 1 м пути.

По числу осей вагоны бывают 4-, 6-, 8- и многоосные. С осностью связана грузоподъемность – наибольшая масса груза, которая может быть перевезена по условиям прочности конструкции вагона. Четырехосные вагоны имеют грузоподъемность 60 – 65, а восьмиосные – до 125 т.

Сумма грузоподъемности вагона (нетто) и его тара составляет массу вагона (брутто).

Коэффициент тары (κ_T) показывает ту часть массы тары (T) вагона, которая приходится на каждую тонну его грузоподъемности (P).

$$\kappa_T = T / P. \quad (2.19)$$

Чем меньше κ_T , тем вагон экономичнее. Для пассажирских вагонов коэффициент тары определяется как отношение тары вагона к числу мест.

Показателями вместимости вагона являются удельный объем кузова (v_y), а для платформ – удельная площадь пола (f_y).

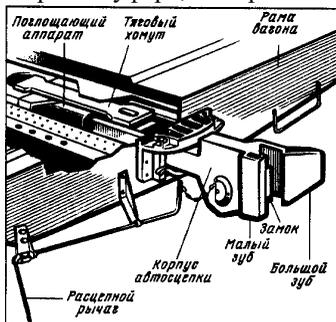
$$v_y = V / P \quad \text{и} \quad f_y = F / P. \quad (2.20)$$

Допускаемая нагрузка определяется прочностью искусственных сооружений и для основных типов вагонов она равна 88 кН/1 м и 228 кН/1 ось.

Основные элементы вагона. Вагон состоит из ходовых частей, рамы вагона, кузова, ударно-тяговых приборов, тормозного оборудования.

Автосцепка (рисунок 2.78) соединяет вагоны при их соударении, обеспечивая полную безопасность для составителя поездов, так как при этом он не заходит в пространство между вагонами. Введение автосцепки на отечественных железных дорогах началось в 30-е годы. На современных дорогах курсируют поезда, все вагоны которых оборудованы автосцепкой.

Автосцепка служит не только для сцепления вагонов, но и выполняет роль буфера, воспринимающего на себя удары, которые возникают при



встрече одного вагона с другим. С применением автосцепки стало возможным водить поезда массой 8–10 тысяч тонн и более. Машинист теперь уверен – автосцепка не подведет, не потеряет он вагоны в пути. Почти 300 т – такое усилие на разрыв выдерживает автосцепка. Это почти в 5 раз больше усилия, которое может быть у самого мощного локомотива.

Рисунок 2.78 – Устройство автосцепки

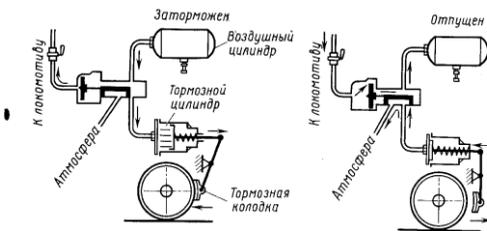
Перемещаясь от станции к станции, поезду приходится иногда снижать скорость, а то и останавливаться. Для этого локомотивы и вагоны оборудуют тормозами. Посмотрите на колеса локомотивов или вагонов и вы увидите возле каждого из них металлические отливки. Это тормозные колодки. Раньше колодку делали из чугуна, и случалось, что ее хватало всего на 2–3 поездки. Сейчас тормозные колодки делают композиционными, то есть из двух частей: стального тыльника и тормозящей части из специального материала. Такие колодки и служат значительно дольше и в 3 раза легче чугунных. Чтобы затормозить поезд, надо лишь повернуть кран машиниста, находящийся на пульте управления локомотивом. Тотчас же сжатый воздух открывает клапаны и поступает из специальных резервуаров, которые находятся под вагонами, в тормозные цилиндры, переместит поршни и через систему рычагов с большой силой прижмет колодки к вращающимся колесам. Если надо, чтобы поезд остановился, машинист подольше подержит открытым вход в цилиндр и впустит в него больше воздуха. Если же нужно лишь притормозить поезд, чтобы он снизил скорость, машинист впустит в цилиндр поменьше воздуха.

Как только необходимость в торможении отпала, машинист перекрывает доступ воздуха в тормозные цилиндры, и пружины, находящиеся в цилиндрах, заставляют тормозные колодки отпустить колеса. Поезд может продолжать путь.

Такие тормоза называют пневматическими (рисунок 2.79), потому что и управление ими и торможение осуществляются сжатым воздухом. Пневматические тормоза хороши, но имеют один недостаток: вагоны состава затормаживаются последовательно, по мере того как сжатый воздух, перемещаясь от локомотива по воздухопроводу, открывает клапаны. Так как скорость движения сжатого воздуха сравнительно невелика, то проходит довольно значительное время, прежде чем "тормозная волна" дойдет до последних вагонов и затормозит их.

Этот недостаток стал особенно ощутим с введением электрической и тепловозной тяги, когда длина состава поездов, особенно грузовых, увеличилась. Следовательно, и путь прохождения "тормозной волны" значительно возрос.

Для устранения указанного недостатка создали электропневматический тормоз, в котором, как и в пневматическом, для торможения используется сжатый воздух. Но управляет работой такого тормоза электрический ток.



Так сжатый воздух останавливает поезд

Рисунок 2.79 – Принцип действия

Проходя от вагона к вагону со скоростью 300 тысяч метров в секунду, он мгновенно открывает клапаны, и все вагоны затормаживаются одновременно, каким бы длинным ни был состав. А это очень важно: сокращается тормозной путь, то есть путь, проходимый поездом от начала торможения до полной его остановки; в составе не возникает усилий, стремящихся разорвать или сжать поезд. Машинисты могут водить длинносоставные поезда с более высокими скоростями, не опасаясь, что тормозной путь окажется недостаточным.

На железнодорожном подвижном составе применяются следующие **виды торможения**:

- *фрикционное* (ручного или пневматического действия), использующее силу трения тормозных колодок, прижимаемых к ободьям вращающихся колес, или специального диска, посаженного на ось колесной пары;

- *реверсивное* (электрическое), которое может быть рекуперативным, когда электроэнергия, выработанная двигателями электровоза, возвращается в контактную сеть, или реостатным, когда энергия поглощается специальными сопротивлениями;

- *электромагнитное*, основанное на принципе воздействия электромагнитных устройств на рельсы (для скорых поездов).

Основным видом торможения является фрикционное пневматическое.

Тормоза называются прямодействующими, если источник сжатого воздуха, имеющийся на локомотиве (компрессор, главный резервуар), при торможении сообщается с запасными резервуарами и тормозными цилиндрами вагонов.

Вагонное хозяйство. Оно предназначено для обеспечения перевозки пассажиров и грузов, содержания вагонов в исправном состоянии,

подготовки их к перевозкам, обслуживания пассажирских вагонов в пути следования. Важнейшим требованием при этом является обеспечение безопасности движения и сохранности перевозимых грузов.

Система технического обслуживания предусматривает:

- техническое обслуживание (ТО) грузовых вагонов, находящихся в составах или транзитных поездах, а также порожних при подготовке к погрузке и т. д.;

- текущий ремонт (ТР-1) порожних вагонов на специализированных ремонтных путях;

- текущий ремонт (ТР-2) вагонов с отцепкой от поездов для ликвидации неисправностей, которые невозможно устранить за время стоянки поезда на станции;

- деповской ремонт (ДР) в вагонном депо;

- капитальный ремонт (КР-1) и (КР-2), выполняемый на вагоноремонтном заводе.

Обслуживание и ремонт вагонов производятся на вагоноремонтных заводах, в вагонных депо, пунктах подготовки вагонов к перевозкам, пунктах технического обслуживания вагонов, пунктах контрольно-технического обслуживания вагонов, механизированных пунктах текущего отцепочного ремонта вагонов, пунктах опробования тормозов, постах безопасности, контрольных постах, вагоноколесных мастерских, перестановочных пунктах, контейнерных депо и мастерских и т. д.

2.8 Электрификация

2.8.1 Краткая историческая справка

Развитие электрической тяги неразрывно связано с развитием учения об электричестве. Возникновению электротехники предшествовал длительный период накопления знаний о природе электричества и магнетизма. Исследованиями явления электричества активно занимались такие великие ученые, как М. В. Ломоносов (1711–1765 гг.), Г. В. Рихман (1711–1753 гг.), Б. Франклин (1706–1790 гг.), Ш. Кулон (1736–1806 гг.) и др.

М. В. Ломоносов, продолжая работы Р. Бойля и Д. Бернулли, глубоко изучал сущность и природу электрических явлений. Громадное значение для прогресса учения об электрических и магнитных явлениях имело установление М. В. Ломоносовым закона сохранения энергии, положившего начало учению об энергетике, объединившего в единый комплекс такие различные виды энергии, как механическая, электрическая, тепловая и др.

Б. Франклин, наряду с проблемами метеорологии, широко известен своими работами в области взаимодействия электрических зарядов. Он дал

ясную картину электризации тел, основываясь на представлении электрической материи как частиц крайне малых, которые пронизывают любое вещество, не испытывая при этом заметного сопротивления. В наши дни мы эти частицы называем электронами. Он ввел обозначения "+" и "-" для электродов различной полярности. Франклин предложил такие устройства, как молниеотвод, "электрическое колесо", использовал электрическую искру для взрыва пороха и др. После работ Франклина наиболее крупным этапом развития науки об электричестве был переход к количественному описанию электрических явлений. Это было впервые сделано Ш. Кулоном в 1785 г. Он сформулировал закон взаимодействия электрических зарядов и магнитных полюсов, показал, что электрические заряды располагаются всегда на поверхности проводника и т. п.

Началом новой эпохи в изучении электрических явлений явилась дискуссия о природе электричества, возникшая между Л. Гальвани и А. Вольта, получившая широкий резонанс в ученом мире.

Л. Гальвани (1737–1798 гг.), основатель учения об электрофизиологии, преподавая медицину в Болонском университете, обратил внимание на то, что мышца лягушки сокращается при присоединении ее к двум разным металлам. Он назвал это явление "живым" электричеством. В 1791 г. А. Вольта (1745–1827 гг.), профессор университета в Павии, начал изучать явления "живого" электричества, открытого Гальвани. Однако Вольта убедился на опытах, что никакого "живого" электричества не существует. Он первым понял, что Гальвани открыл новый источник электричества – электрохимический элемент. Истинный источник электричества – контакт разнородных металлов, например серебра и цинка. Поэтому он предложил название "металлическое" электричество.

Однако оба исследователя были правы. Теперь мы знаем, что существует электричество статическое, обусловленное взаимодействием покоящихся на поверхности проводников электрических зарядов, и электричество, обусловленное взаимодействием различных металлов. Отсюда получили свое название, например, "гальванический" ток, получаемый от электрических батарей, приборы гальванометры, "вольтов столб", составленный из гальванических элементов, и т. п. В таких элементах источником энергии, поддерживающей прохождение тока в электрической цепи, являются происходящие при этом химические превращения в элементах.

Именем Вольты была названа электрическая дуга, которую сам Вольта не получал и даже не видел. Честь открытия электрической дуги принадлежит В. В. Петрову (1761–1834 гг.), профессору Петербургской медико-хирургической академии, впоследствии академику Петербургской Академии Наук (1802 г.), научные труды которого, опережая время, остались малоизвестными. В начале 1802 г. он получил электрическую дугу между двумя углями на расстоянии от 2,5 до 7,5 мм. Его батарея превосходила все известные к тому времени: 1700 элементов, расположенных в деревянных ящиках длиной 12 м, изолированных воском. Именно он впервые применил наряду с последовательным и параллельное соединение

элементов. Теперь это кажется простым, но надо помнить, что в то время еще не были известны ни закон Ампера, ни закон Ома и т. д.

С именем М. Фарадея (1791–1867 гг.) связано установление многих законов электротехники. Он ввел понятие электрического и магнитного полей, установил связь между ними, открыл явление индукции, лежащее теперь в основе электротехники. Продолжая и развивая работы Фарадея, Д. Максвелл (1831–1879 гг.) разработал классическую теорию электрических и магнитных полей.

Трудно переоценить научный вклад отечественных и зарубежных ученых того времени в развитие науки об электричестве.

Одновременно с изучением природы электрического тока шло совершенствование способов его получения. Примитивные гальванические батареи были постепенно заменены электрическими динамомашинami. Наряду с постоянным током, получаемым от гальванических батарей, появился однофазный переменный ток, вырабатываемый электромагнитными генераторами, а затем и трехфазный.

Все эти достижения относятся ко второй половине XIX в., когда быстро развивающаяся промышленность требовала все больше энергии. Снабжение заводов и фабрик энергией от паровых и гидравлических двигателей с помощью ременных и канатных передач уже не удовлетворяло запросов промышленности, поэтому начались поиски и разработки, во-первых, источников энергии, работающих на новых принципах, и, во-вторых, поиски практических путей передачи этой энергии на большие расстояния, так как сооружать электрические станции было выгодным не в местах потребления вырабатываемой ими энергии, а в районах добычи топлива, обычно далеко отстоящих от промышленных центров.

Характерной чертой технического прогресса в конце XIX – начале XX в. явилось быстрое развитие электротехнической промышленности.

Первые опыты в области электрической тяги. В начале XIX в. предпринимались неоднократные попытки использовать электрическую энергию для совершения механической работы. Наиболее выдающимися из них были опыты Б. С. Якоби (1834 г.). Он применил созданный им электрический двигатель для перемещения лодки по реке Неве. В этом двигателе впервые было использовано вращательное движение якоря вместо поступательного, которое ранее применяли в макетах двигателей того времени, но оно не обеспечивало непрерывного движения. Вращение якоря с помощью рычажной передачи, изобретенной Якоби, преобразовывалось во вращение винта, установленного на корме. Двигатель питался от гальванических элементов, установленных в лодке: мощность его не превышала 0,5 л. с. (368 Вт), лодка двигалась против течения со скоростью 4 версты в час. Опыты Б. С. Якоби имели принципиальное значение для создания в дальнейшем автономных видов электрической тяги.

Почти одновременно в США Т. Давенпорт, Беккер и Стратинг в Германии, Ботто

в Турине проводили опыты по перемещению макетов экипажей с помощью электрических двигателей. В 1838 г. Р. Давидсон, используя принцип Давенпорта, совершил опытные поездки с двухосной тележкой массой 5 т на участке железной дороги Глазго – Эдинбург. В 1845 г. профессор Паж выдвигает предложение по созданию электрической железной дороги длиной 7,5 км на участке Вашингтон – Бладенсбург. При опытных поездках локомотив достиг скорости 30 км/ч.

Э. Х. Ленц и Б. С. Якоби установили принцип обратимости электрических и магнитных явлений, согласно которому электрическая машина будет работать двигателем, т. е. создавать вращающий момент, если подводить к ней электрический ток, и генератором, вырабатывающим электрический ток, если приводить ее во вращение. Этот принцип позволил англичанину Лэдду в 1867 г. создать самовозбуждающийся генератор – прототип современных машин постоянного тока.

В 1877 г. бельгийский физик З. Грамм построил генератор переменного тока, а М. О. Доливо-Добровольский в 1889 г. создал первый в мире трехфазный асинхронный двигатель.

Одновременно с созданием мощных электрических двигателей, необходимых для тяги, изучалась возможность питания подвижного состава от стационарных генераторов, расположенных на электрических станциях.

Решение этой проблемы было настолько трудным, что некоторые инженеры искали его в другом направлении, предлагали использовать паровую машину паровоза для выработки электрической энергии, которой бы питались его тяговые двигатели. Так, в 1893 г. во Франции появился первый паровоз с электрической передачей. На нем были установлены обычный котел и паровая машина, вращающая генератор, от которого питались восемь тяговых двигателей общей мощностью 300 кВт. Двигатели имели тяговую упругую передачу и полый вал. Однако из-за сложности конструкции и малой экономичности такая система автономной тяги развита не получила.

Первые опыты по передаче электрической энергии на значительное расстояние были проведены в 1875–1876 гг. инженером Ф. А. Пироцким, который в 1876 г. практически решил проблему питания электрического двигателя, установленного на вагоне, используя для этого участок конной железной дороги в Петербурге. Двигатель, подвешенный к вагону снизу, имел двухступенчатую зубчатую передачу. Напряжение к нему подводилось по рельсам, из которых один служил прямым проводом, другой – обратным. Рельсы были изолированы один от другого, а для изоляции от шпал под их подошву укладывалось просмоленное полотно. Развитию электрической тяги способствовала демонстрация в 1891 г. М. О. Доливо-Добровольским первой в мире электропередачи трехфазного тока высокого напряжения на расстояние около 170 км.

Первая электрическая железная дорога демонстрировалась в 1879 г. фирмой "Siemens und Halske" на промышленной выставке в Берлине. Электровоз мощностью 2,2 кВт, получавший питание с напряжением 150 В

от специального третьего рельса, перевозил три вагончика с 18 пассажирами. Этот принцип передачи энергии наряду с подводом ее при помощи контактного провода существует и до сих пор, в частности на метрополитенах.

В 1880 г. в Петербурге инженер Ф. А. Пироцкий оборудовал 40-местный вагон конно-железной дороги электродвигателем мощностью 2,95 кВт и проводил опытные поездки.

Электрическая тяга оказалась очень эффективной. Вскоре во многих городах мира появились электрические локомотивы на магистральных и пригородных железных дорогах многих стран.

Первой в мире в 1895 году была электрифицирована железная дорога Балтимор – Огайо (США) протяженностью 115 км.

В 1924 году начались разработка проекта и одновременно монтаж оборудования и контактной сети на 19-километровом участке Баку – Сабунчи – Сураханы. Руководил этой стройкой, как и проектированием, известный специалист в области электрификации и энергетики Владимир Александрович Радциг. **И уже 6 июля 1926 года в торжественной обстановке** было открыто движение электропоездов на участке Баку – Сабунчи – Сураханы (19 км). Этот участок сначала работал на постоянном токе напряжением 1,2 кВ. Правда, тогда он ещё не входил в состав Наркомата путей сообщения, а был в ведении нефтепромысловиков Азербайджана.

На первом этапе планировалась электрификация пригородного сообщения крупных городов и участков, лимитировавших пропускную способность дорог (с гористым профилем и др.). В 1929 г. был введен в эксплуатацию электрифицированный участок Москва – Мытищи (18 км) на постоянном токе напряжением 1,5 кВ.

Опыт эксплуатации этих двух участков подтвердил неоспоримые преимущества электротяги на линиях с большим объёмом пригородных пассажирских перевозок. Поэтому в 30-е годы на Московском узле были электрифицированы ещё два направления: Мытищи – Щёлково и Мытищи – Софрино.

Важное значение имела электрификация 63-километрового участка Закавказской магистрали через Сурамский перевал Хашури–Зестафони. Изобилующий затяжными подъёмами и большим числом кривых малого радиуса, он был крепким орешком для паровозов. Электрификация же позволила резко увеличить скорость движения поездов, повысить надёжность работы всей магистрали, поскольку этот участок был её узким местом. Здесь первый поезд на электрической тяге при постоянном токе напряжением 3 кВ прошел **16 августа 1932 г.**

В последующие годы были электрифицированы участки Зестафони – Самтредиа (61 км), Хашури – Тбилиси (126 км), Кизел – Чусовская –

Гороблагодатская – Свердловск (493 км), Кандалакша – Мурманск (277 км), Запорожье – Долгинцево (теперь Кривой Рог-Гл., 182 км), Новокузнецк – Бедово (142 км), Минеральные Воды – Кисловодск с ответвлением на Железноводск (70 км) и ряд пригородных участков Москвы, Ленинграда и Баку.

Электровозы сначала поставлялись из США (серии С – сурамский) и Италии (серии С^и). Эти локомотивы были шестиосными; на них (за исключением первых двух) были установлены отечественные двигатели. Одновременно был налажен выпуск отечественных шестиосных электровозов серий С^с (сурамский советский) и ВЛ19 (в память Владимира Ильича Ленина). Велись работы по созданию новых российских электровозов. В 1934 г. был построен первый пассажирский электровоз ПБ21, а в 1938 г. – опытный электровоз переменного тока ОР22 (однофазный ртутный). В 1936 – 1938 гг. выпускались грузовые электровозы серии СК (в память Сергея Мироновича Кирова), а с 1938 г. – серии ВЛ22 (рисунок 2. 80).

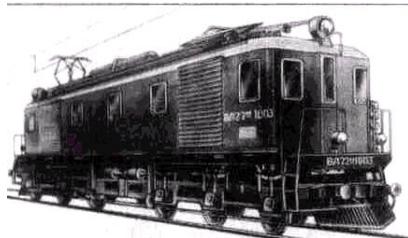


Рисунок 2.80 – Электровоз серии ВЛ22

Цифры в сериях всех указанных выше электровозов означали нагрузку на ось в тоннах. Поскольку одни участки работали при напряжении 1,5 кВ, а другие при 3 кВ постоянного тока, то некоторые электровозы серии ВЛ19 были приспособлены для работы при этих двух напряжениях.

При электрификации первых участков использовались импортные двигатели-генераторы и ртутные выпрямители на тяговых подстанциях, а также некоторые детали контактной сети. Но уже в середине 30-х годов XX столетия при монтаже тяговых подстанций и контактной сети использовалось только отечественное оборудование.

Преимущества электрической тяги говорили сами за себя, поэтому к началу 1941 года общая протяжённость электрифицированных линий уже превысила 1800 километров. Работы эти продолжались и во время Великой Отечественной войны. Опыт показал, что в прифронтовых условиях (после бомбёжек) повреждения контактной сети ликвидировали, как правило, раньше, чем восстанавливали путь, линии связи и другие устройства.

В годы Великой Отечественной войны электрификация железных дорог продолжалась (участки Челябинск – Златоуст, Пермь – Чусовская и др.). Электрифицированный участок Мурманск – Кандалакша, оказавшийся в прифронтовой зоне, работал устойчиво.

Начиная с 1956 г. на железных дорогах СССР, кроме системы постоянного тока напряжением 3 кВ, стала применяться более прогрессивная система переменного тока напряжением 25 кВ и частотой 50 Гц.

Примерно в 60 годы определилась стратегия электрификации. Оборудовались главным образом наиболее грузонапряженные и протяжённые направления, связывающие европейскую часть страны с Уралом и Сибирью, а также центр страны с югом и западными границами. Одновременно проводилась комплексная техническая реконструкция инфраструктуры железных дорог – удлинение станционных путей, развитие узлов, устройств связи и СЦБ.

Основное оборудование для электрифицированных железных дорог выпускалось различными предприятиями: грузовые электровозы на Новочеркасском и Тбилисском электровозостроительных заводах, электропоезда пригородного сообщения – на Рижских вагоностроительном и электромашиностроительном заводах, в пассажирском движении используются электровозы чехословацкого производства. Таллиннский электротехнический завод и Саранский завод "Электровыпрямитель" поставляют преобразователи для тяговых подстанций, электровозов и электропоездов.

К середине 70-х годов было электрифицировано около 40 тысяч километров, из них почти 15 тысяч – на переменном токе. Эффективность электротяги не вызывала сомнений. Сравнение в сопоставимых условиях себестоимости перевозок и производительности труда было в её пользу. Расходы только непосредственно на тягу поездов (локомотивное хозяйство, энергия, топливо и содержание устройств энергоснабжения) при тепловозной тяге были на 40 процентов выше, чем при электрической.

Экономический кризис и развал Союза резко снизили темпы электрификации. Вместо 1000 – 1500 километров в год сейчас сдаётся в эксплуатацию в десять раз меньше. Работы продолжаются главным образом на дальневосточном участке Транссиба, а также на Северной и Октябрьской магистральных. Хотя, как известно, затраты на электрификацию окупаются всего за 3 – 5 лет.

Внедрение электротяги особенно рационально с точки зрения защиты окружающей среды. Ведь при тепловозной тяге выхлопные газы дизеля выбрасываются непосредственно в атмосферу. На электростанциях же,



откуда поступает ток в контактную сеть, достигается весьма высокий уровень очистки с утилизацией полезных компонентов. К тому же труд железнодорожников стал более квалифицированным как на локомотивах, так и в депо. А изменение условий труда привело к снижению общей заболеваемости, полному исчезновению отдельных профзаболеваний. Схема электрификации Белорусской железной дороги приведена на рисунке 2.81. В настоящее время общая протяженность электрифицированных линий Белорусской магистрали составляет 875, 6 км или 15,85 % эксплуатационной длины дороги.

Условные обозначения:

участок Госграница – Брест-Центральный электрифицирован постоянным током напряжением 3 кВ;

участки Брест-Восточный – Городея и Бобр – Красное электрифицированы переменным током напряжением 2х25 кВ;

участки Брест-Центральный – Брест-Восточный, Городея – Бобр, Осиповичи – Молодечно и Минский узел электрифицированы переменным током напряжением 25 кВ.

Рисунок 2.81 – Схема электрификации Белорусской железной дороги

Таким образом, начавшаяся 70 лет назад электрификация железных дорог сыграла важную роль в совершенствовании перевозочного процесса, повышении провозной способности железных дорог, улучшении качества обслуживания пассажиров. Программа организации на ряде важнейших направлений сети скоростного движения тоже базируется на использовании электротяги. Для этого уже создаётся отечественный подвижной состав нового поколения. Так что у электрификации, безусловно, есть широкие перспективы.

2.8.2 Схема электроснабжения

Железнодорожный транспорт СНГ потребляет более 7 % электроэнергии, вырабатываемой электростанциями бывшего Советского Союза. В основном её расходуют на тягу поездов и частично на питание нетяговых потребителей (депо, станций, мастерских, а также районных потребителей).

Согласно Правилам технической эксплуатации устройства электроснабжения железных дорог должны обеспечивать: бесперебойное движение поездов с установленными нормами массы, скоростями и интервалами между поездами при требуемых размерах движения; надежное электропитание

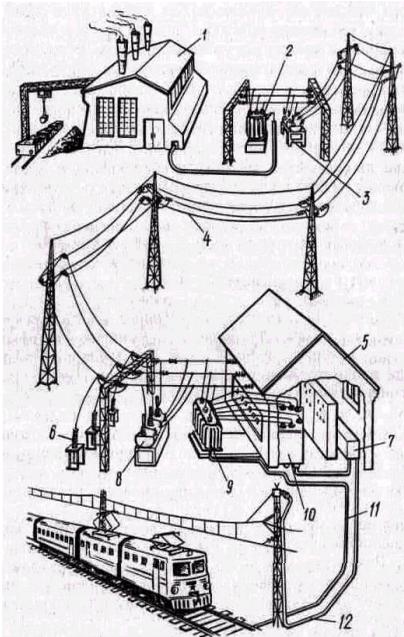


Рисунок 2.82 – Система электроснабжения железной дороги: 1 – электростанция; 2 – повышающий трансформатор; 3 – высоковольтный выключатель; 4 – линия электропередачи; 5 – тяговая подстанция; 6 – разрядник; 7 – быстродействующий выключатель; 8 – высоковольтный выключатель; 9 – тяговый трансформатор; 10 – выпрямитель; 11 – отсасывающая линия; 12 – питающая линия

устройств СЦБ и связи, вычислительной техники как электроприемников категории I; надежное электроснабжение всех потребителей железнодорожного транспорта.

В систему электроснабжения электрифицированных дорог (рисунок 2.82) входят устройства, составляющие её *внешнюю часть* (электростанции, районные трансформаторные подстанции, сети и линии электропередачи) и *тяговую часть* (тяговые подстанции и электротяговая сеть).

Электрическую энергию от места ее выработки к электроподвижному составу и нетяговым потребителям передают при определенном напряжении. Как известно, чем ниже напряжение, тем (при одной и той же мощности) больше сила тока. А это вызывает увеличение потерь энергии при передаче. Следовательно, растут эксплуатационные расходы, так как приходится оплачивать количество энергии больше поступающего к потребителям. В то же время значительное увеличение напряжения приводит к росту капиталь-

ных затрат на сооружение передающих устройств, так как существенно усложняется их изоляция, возрастает ее стоимость.

Чтобы выбрать напряжение, при котором будет передаваться электрическая энергия, производят технико-экономический расчет. Сравнивают различные варианты: в одних из них малы капитальные затраты и существенны эксплуатационные расходы, а в других значительны капиталовложения и невелики расходы в эксплуатации. Для каждого

варианта определяют так называемые *приведенные затраты*, складывающиеся из части капитальных затрат, приходящихся на один год расчетного срока их окупаемости, и годовых эксплуатационных расходов (с учетом амортизационных отчислений). Выбирают обычно вариант с меньшими приведенными затратами. Как правило, принятое для передачи напряжение не равно тому, которое должно быть на зажимах тяговых двигателей электроподвижного состава (ЭПС).

Большое значение имеет также частота передаваемой энергии. В некоторых странах применяют ЭПС переменного тока с тяговыми двигателями, рассчитанными на частоту $16\frac{2}{3}$ или 25 Гц. В этих случаях железные дороги обычно имеют собственные электрические станции, производящие электроэнергию нужной частоты, реже применяют установки для преобразования частоты, принятой в энергосистеме данной страны. Такие электростанции возможно расположить в непосредственной близости от железной дороги, что существенно упрощает передачу энергии к электроподвижному составу.

В бывшем СССР строить электростанции только для нужд железных дорог было признано экономически нецелесообразным, и поэтому частота энергии, поступающей в контактную сеть, такая же, как для остальных потребителей, т. е. 50 Гц – это так называемая промышленная частота.

Устройства, необходимые для выработки электроэнергии и ее передачи к электрической железной дороге, образуют систему *внешнего электроснабжения*. В нее входят электрические станции, на которых энергия вырабатывается, подстанции, где производится ее преобразование и распределение, а также все линии электропередачи (ЛЭП), связывающие эти электроустановки между собой и с электрической железной дорогой.

Электрические станции. На каждой электростанции имеются различные устройства, вырабатывающие электрическую энергию при сравнительно небольшом напряжении. В машинном зале сосредоточены устройства управления всеми производственными процессами. Кроме того, на территории электростанции находится подстанция, на которой полученное напряжение повышается до значения, необходимого для передачи ее другим электростанциям или районным подстанциям. На каждой районной подстанции устанавливают трансформаторы и монтируют распределительные устройства, через которые электроэнергия направляется по ЛЭП к различным потребителям.

В зависимости от источника энергии различают электростанции *тепловые* (ТЭС), *гидроэлектрические* (ГЭС) и *атомные* (АЭС).

ТЭС работают на твердом, жидком и газообразном топливе, имеют паровые и значительно реже газовые турбины. Их делят на *конденсационные* (КЭС), вырабатывающие только электрическую энергию, и *теплофикационные*, или *теплоэлектроцентрали* (ТЭЦ), которые, кроме

электрической, отпускают еще и тепловую энергию. Крупные (мощностью более 1 ГВт) КЭС называют государственными районными электростанциями (ГРЭС).

Тепловая энергия топлива, сжигаемого в котлах ТЭС, превращает в пар воду, подаваемую в котлы. Пар поступает в паровую турбину и приводит во вращение ее вал и вал электрического генератора. Иногда для вращения вала генератора используют двигатели внутреннего сгорания (дизели), работающие на нефтяном топливе. Такие установки имеют относительно небольшую мощность. Их можно выполнить передвижными и применять в качестве резервных.

ГЭС бывают *русловыми* (сооружаемые в основном в пределах речного русла), *приплотинными* (их машинные залы расположены вне плотин) и *деривационными* (использующие естественное понижение местности, например на горных реках).

Плотина – обязательное сооружение ГЭС. Она преграждает путь воде и создает необходимый сосредоточенный напор ее в верхнем бьефе, т. е. в части реки или водохранилища, расположенной по течению выше плотины. Механическая энергия воды, стремящейся из верхнего бьефа в нижний, приводит во вращение вал гидротурбины и вал соединенного с ней электрического генератора. На ГЭС, где возможен суточный или сезонный недостаток воды, иногда ее перекачивают из нижнего бьефа в верхний. Это делается за счет избыточной энергии, вырабатываемой другими электростанциями в те часы, когда потребность в энергии падает (например, ночью). Такие станции называют *гидроаккумулирующими* (ГАЭС), так как на них происходит накопление потенциальной энергии воды, которая может быть использована для выработки электрической энергии во время максимальных, так называемых пиковых, нагрузок.

Источником тепловой энергии на АЭС является ядерный реактор, в котором происходит управляемая цепная (самоподдерживающаяся) реакция деления ядер урана и образующегося при этом вторичного горючего – плутония. Деление атомных ядер осуществляется под воздействием нейтронов. Чтобы энергия деления атомных ядер (атомная энергия) не выделялась мгновенно (в виде взрыва), а могла быть использована длительно, в реактор вводят различные замедлители (например, графит). В качестве ядерного топлива обычно применяют не чистый уран, а его изотопы – 235 или 238.

Деление атомных ядер изотопа 235 происходит под воздействием тепловых (медленных) нейтронов, получить которые относительно просто. Однако в природном уране изотопа 235 почти в 140 раз меньше, чем изотопа 238. Но для деления атомных ядер изотопа 238 требуется воздействие быстрых нейтронов, обладающих более высокой энергией, чем медленные, и образование которых значительно сложнее. Тем не менее развитие АЭС идет по пути все большего применения реакторов, работающих на быстрых нейтронах.

Полученное в результате ядерной реакции тепло служит для преобразования подведенной к установке воды в пар, который затем

используется для выработки электрической энергии аналогично тому, как это происходит на ТЭС.

Наибольшее количество электрической энергии в странах СНГ вырабатывается на ТЭС. Но запасы необходимого для их работы органического топлива (угля, нефти, газа) не безграничны, и, кроме того, такое топливо очень нужно и в других отраслях народного хозяйства. Для работы ГЭС не требуется органическое топливо, но реки есть далеко не везде и не всегда могут быть использованы для сооружения ГЭС значительной мощности. В качестве топлива для АЭС необходим редко встречающийся в природе уран; кроме того, велики расходы на обеспечение как безопасных условий работы, так и безопасности для окружающей среды. Поэтому ведутся работы по созданию установок для получения электроэнергии, основанных на новых принципах ее производства или работающих на практически неисчерпаемых первичных источниках энергии.

Осваивается *магнитогидроэлектрический* способ производства электроэнергии, при котором она вырабатывается МГД-генераторами. В каждом таком генераторе имеется мощная магнитная система и канал, по которому с большой скоростью движется проводящая среда – плазма, состоящая из газов, разогретых до очень высокой температуры. В результате взаимодействия плазмы с магнитным полем создается разность потенциалов между электродами, расположенными вдоль канала генератора. Постоянный ток в подключенной к электродам внешней цепи затем преобразуется в переменный с помощью инверторной установки. Совместно с МГД-генераторами электрическая энергия вырабатывается и обычными паровыми турбогенераторами, в которых вторично используется тепло, выделяемое плазмой.

Ведутся работы по созданию тепловых электрических станций, на которых не требуется сжигать органическое топливо. К таким ТЭС относят *гелиоэлектрические*, преобразующие в тепловую (а затем электрическую) лучистую энергию солнца, и *геотермальные*, использующие тепловую энергию горячих источников. Разрабатываются также *приливные* электростанции, на которых напор воды создается за счет ее разных уровней во время морских приливов и отливов. Для этого строят специальное водохранилище, отгораживаемое от моря плотиной, расположенной в устье впадающей в море реки или перекрывающей в узком месте залив. Существуют также *ветроэлектрические* станции, использующие для вращения вала электрического генератора кинетическую энергию ветровых потоков.

Питание электрической железной дороги от системы внешнего электроснабжения. Чтобы увеличить надежность и экономичность электроснабжения всех потребителей, в том числе и электрической железной дороги, электростанции соединяют друг с другом электрическими и тепловыми сетями. Таким образом, создаются отдельные энергетические

системы, которые в свою очередь связывают межсистемными ЛЭП. В результате образуются объединенные энергетические системы (ОЭС).

Все это позволяет регулировать распределение электрической энергии с учетом интенсивности ее выработки и потребления в отдельных энергетических системах, передавая нагрузки с более загруженных систем на менее нагруженные, повысить степень использования установленного на электростанциях оборудования.

В странах СНГ производство, передача и распределение электрической энергии осуществляются в основном на трехфазном переменном токе частотой 50 Гц. Различают электроустановки и сети напряжением до 1000 В и более 1000 В. ЛЭП, подводящие электрическую энергию к тяговым подстанциям электрических железных дорог, имеют номинальные напряжения 110 или 220 кВ, реже 35 кВ, иногда 10 или 6 кВ.

Номинальным называют напряжение, при котором электрооборудование может работать нормально в течение всего заданного срока службы. Здесь и далее указываются номинальные значения напряжений.

Для обеспечения большей надежности внешнего электроснабжения применяют две цепи ЛЭП, каждую из которых крепят на самостоятельных опорах. Межсистемные ЛЭП обычно выполняют двухцепными и подвешивают на отдельных опорах. ЛЭП, по которым питаются тяговые подстанции электрических железных дорог, бывают и двухцепные (их располагают на общих опорах), и одноцепные.

Электрические железные дороги относятся к потребителям категории I, нарушение электроснабжения которых связано с опасностью для жизни людей, существенным ущербом народному хозяйству, нарушением технологического процесса (графика движения поездов) и т. д. Такие потребители должны получать электрическую энергию от двух независимых источников и перерыв их электроснабжения может быть допущен только на время автоматического переключения питания с одного источника на другой. Однако вследствие большой протяженности электрических железных дорог питание каждой тяговой подстанции от двух независимых источников было бы связано с весьма значительными капитальными затратами. Поэтому допускается электроснабжение тяговых подстанций от одного источника по двум одноцепным ЛЭП, расположенным на отдельных опорах, или по идущим вдоль железной дороги двухцепным и одноцепным ЛЭП, имеющим двустороннее питание. При выходе из строя одной районной подстанции или ЛЭП протяженностью 150–200 км допускается перерыв электроснабжения не более чем для одной тяговой подстанции.

Подключение тяговых подстанций. Для поддержания необходимого уровня напряжения на тяговых подстанциях и снижения потерь энергии в питающей сети сооружают *опорные* тяговые подстанции, к которым присоединяют не менее трех ЛЭП напряжением 110 или 220 кВ. Такие подстанции располагают через каждые 150–200 км при питании по ЛЭП 110 кВ и через 250–300 км при ЛЭП 220 кВ. Тяговые подстанции,

расположенные между опорными, являются *промежуточными*. Между двумя соседними опорными подстанциями включают не более трех промежуточных при ЛЭП 110 кВ и электрификации железной дороги по системе переменного тока и не более пяти при системе постоянного тока. При ЛЭП 220 кВ число промежуточных тяговых подстанций между двумя смежными опорными может достигать пяти независимо от системы тока, по которой электрифицирована дорога.

Фидерная и подстанционная зоны. Различают фидерные и подстанционные зоны питания. Часть тяговой сети, получающая электрическую энергию по одной питающей линии (ее называют еще фидером) при одностороннем питании (рисунок 2.83, а) или по двум от соседних тяговых подстанций при двустороннем питании (рисунок 2.83, б), называют *фидерной зоной*, а в последнем случае – иногда *межподстанционной*. Две фидерные зоны, питаемые от одной и той же тяговой подстанции, образуют *подстанционную зону*.

Протяженность фидерных и подстанционных зон определяется расстоянием между тяговыми подстанциями, а оно зависит от многих факторов – системы тока и напряжения, по которой электрифицирована дорога, размеров и организации движения поездов, схемы питания электроподвижного

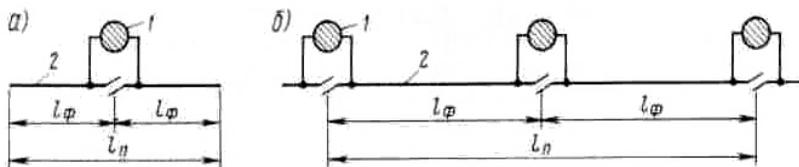


Рисунок 2.83 – Схема питания фидеров: а – односторонняя; б – двусторонняя; l_{ϕ} – длина фидерной зоны; $l_{п}$ – длина подстанционной зоны

состава и др. Чем реже расположены тяговые подстанции, тем при прочих равных условиях больше потери энергии в тяговой сети и ниже напряжение на токоприемниках ЭПС. Чтобы это напряжение не оказалось меньше допустимого минимального, на дорогах постоянного тока расстояние между тяговыми подстанциями составляет в среднем 15–20 км (в отдельных случаях 7–10 км), а суммарная площадь сечения проводов контактной сети равна 440–560 мм² на путь (в отдельных случаях до 700 мм² на путь). Поскольку невозможно применять в контактной подвеске провода такой большой площади сечения, параллельно им подвешивают дополнительные провода, называемые *усиливающими*. При системе переменного тока напряжением 25 кВ расстояния между тяговыми подстанциями увеличиваются до 40–50 км, площадь сечения проводов контактной сети составляет 120–160 мм² на путь. Система 2х25 кВ позволяет увеличить расстояние между тяговыми подстанциями до 70–90 км при площади сечения проводов контактной сети около 260 мм² на путь. На дорогах переменного тока в необходимых случаях

также используют усиливающие провода.

Электроснабжение нетяговых потребителей. К ним относятся многие стационарные и линейные нетяговые потребители – электроустановки (кроме тяговых), принадлежащие всем службам дороги, освещение станций, переездов и других объектов, а также механизмы и инструменты, для работы которых на линии необходима электроэнергия. Очень ответственным нетяговым потребителем является аппаратура автоблокировки. Кроме того, электрической энергией снабжаются различные районные потребители – промышленные предприятия, колхозы, совхозы и т. д., расположенные по обе стороны от железной дороги.

Питание нетяговых потребителей производится непосредственно от тяговых подстанций и по специальным воздушным линиям, обычно подвешенным на опорах контактной сети. Напряжение, при котором осуществляется передача электроэнергии, определяется наличием шин того или иного напряжения на подстанции. Чаще всего это 10 или 25 кВ, но в отдельных случаях может быть 6 и 35 кВ. Вдоль дороги, электрифицированной на постоянном токе, для питания нетяговых потребителей монтируют трехфазную воздушную линию напряжением обычно 10 кВ. На участках переменного тока нетяговые потребители подключаются к линии ДПР (два провода – рельсы) напряжением 25 кВ. При этом на опорах контактной сети подвешивают провода двух фаз, а в качестве третьей фазы используют ходовые рельсы. На опорах располагают провод фазы, напряжение которой подано в контактную сеть, и фазы, не используемой на данном участке для питания ЭПС. На двухпутных участках провода ДПР иногда располагают по одному на каждом пути, что облегчает подключение однофазных потребителей, расположенных с разных сторон дороги.

Для передачи электрической энергии нетяговым потребителям, работающим при напряжении 380 или 220 В, сооружают распределительные пункты, закрытые трансформаторные подстанции и комплектные трансформаторные подстанции. Распределительные пункты и закрытые трансформаторные подстанции (они находятся в специальных зданиях) располагают, как правило, на крупных железнодорожных станциях и в узлах, на промышленных предприятиях транспорта, в городах, поселках и т. д. Комплектные трансформаторные подстанции широко используют для электроснабжения линейных нетяговых потребителей. Их поставляют в собранном виде с трехфазными (КТП) или однофазными (КТПО) трансформаторами и устанавливают на специальный фундамент. Применяют также комплектные подстанции подъемно-опускного типа с однофазными трансформаторами (КТППО), которые крепят на опорах контактной сети.

На дорогах переменного тока однофазные трансформаторы комплектных подстанций подключают к одному из проводов линии ДПР и к рельсам.

Трехфазные трансформаторы таких подстанций присоединяют к обоим проводам линии ДПП и рельсам. На дорогах постоянного тока рельсы не используют; однофазные трансформаторы подключают к двум проводам трехфазной линии электроснабжения нетяговых потребителей, а трехфазные – к трем проводам этой линии.

Особенности питания аппаратуры автоблокировки. Для устройств автоблокировки, принадлежащих к потребителям категории I, требуется обеспечить основное и резервное питание. Если имеется специальная воздушная линия для устройств СЦБ (ВЛ СЦБ), подвешенная на самостоятельных опорах, основное питание осуществляется от нее, а резервное – от линий электроснабжения нетяговых потребителей (ВЛ 6 или 10 кВ при постоянном токе и линий ДПП при переменном токе); их располагают на опорах контактной сети. При отсутствии ВЛ СЦБ основное питание на участках переменного тока подают от специального провода, находящегося под напряжением 25 кВ (провод СЦБ); его подвешивают на опорах контактной сети. В качестве второго провода используют рельсы. Резервное питание и в этом случае подается от линии ДПП. Основной и резервный трансформаторы могут быть установлены раздельно или совместно в специальной комплектной подстанции.

2.8.3 Системы тока и напряжение в контактной сети

Первой в мире в 1895 году была электрифицирована железная дорога Балтимор – Огайо (США) протяженностью 115 км. На ней электрическая энергия постоянного тока передавалась на электровоз не по контактному проводу, который появился значительно позднее, а по третьему рельсу, расположенному между двумя ходовыми рельсами. Напряжение постоянного тока в третьем рельсе было такое же, как и на тяговых двигателях – 650 В. Двигатели были тихоходными, громоздкими, имели низкий коэффициент полезного действия.

Еще в середине прошлого века русский физик Д. А. Лачинов установил, что чем выше напряжение в электрической цепи, тем меньше потери энергии при передаче ее на расстояние. Поэтому стремятся иметь в контактной сети возможно более высокое напряжение, изыскивая экономичные способы преобразования его до значения, подходящего для питания тяговых двигателей.

Дальнейшее развитие электрификации на постоянном токе шло по пути повышения напряжения в контактной сети. Во Франции и Англии в 20-х годах XX столетия железные дороги электрифицировали на постоянном токе напряжением 1200 и 1500 В. Впоследствии на французских дорогах перешли в основном на

напряжение 3000 В. Однако такое напряжение не является оптимальным ни для тяговых двигателей, ни для системы электроснабжения. Для двигателей оно велико, так как приемлемые масса, габаритные размеры и наименьшая стоимость получаются при напряжении порядка 900 В. Для системы электроснабжения напряжение 3000 В мало, так как при этом требуется располагать тяговые подстанции относительно часто – на расстоянии 20–25 км друг от друга. Тем не менее, это напряжение применяется на дорогах постоянного тока при питании тяговых двигателей непосредственно от контактной сети.

Указанные недостатки определили высокую стоимость системы электроснабжения на постоянном токе.

Между тем переменный ток в отличие от постоянного обладает следующим важным свойством: его напряжение можно изменять достаточно просто. Для этого необходим трансформатор, т. е. устройство, не имеющее подвижных частей и содержащее две обмотки – первичную и вторичную с заранее рассчитанными числами витков. На первичную обмотку подается имеющееся напряжение, с вторичной обмотки снимается требуемое.

Возможность использования высокого напряжения в контактной сети дорог переменного тока, что ведет к уменьшению потерь энергии в процессе передачи ее на электроподвижной состав, и последующего понижения его до значения, приемлемого для тяговых двигателей, позволяет существенно снизить стоимость электрификации железных дорог. Однако при этом усложняется устройство электроподвижного состава (ЭПС), так как приходится иметь на нем регулируемый преобразователь переменного тока в постоянный, поскольку до сих пор не создан надежный и экономичный тяговый двигатель переменного тока.

Конструкция токоприемников и ЭПС в целом была очень громоздкой. Опыт эксплуатации выявил существенные недостатки принятой системы тока, которые заключались в трудности регулирования частоты вращения асинхронных двигателей ЭПС, а в области электроснабжения – в обеспечении надежной работы трехфазной контактной сети, особенно на воздушных стрелках, представляющих собой изолированные пересечения контактных проводов разных фаз. Поэтому, несмотря на простоту трехфазных трансформаторных тяговых подстанций и надежность работы бесколлекторных асинхронных двигателей на электровозах, система трехфазного тока для тяги распространения не получила. На дорогах Италии она заменена системой 3000 В постоянного тока.

Система тяги на однофазном токе с применением тяговых коллекторных двигателей на электрическом подвижном составе возникла в начале XX в. При этом в первое время применяли пониженную, а в дальнейшем промышленную (нормальную) частоту питающего тока. На ряде участков электрифицированных железных дорог Франции, Турции и Конго эксплуатируются коллекторные двигатели переменного тока, работающие на частоте 50 Гц. Однако они являются более дорогими и менее надежными, чем двигатели постоянного тока, вследствие чего такие двигатели

применяют преимущественно на пассажирском электроподвижном составе. Использование пониженной частоты было вызвано необходимостью обеспечить удовлетворительную работу коллекторных двигателей.

Однако в этом случае требуется сооружение специальных электрических станций для питания ЭПС или дорогостоящих преобразовательных подстанций. В первом случае тяговые подстанции представляют собой простейшие трансформаторные установки. По этому пути развивалась электрификация железных дорог в Германии, Австрии, Швейцарии и Норвегии, где железные дороги имеют собственные электрические станции, вырабатывающие электрическую энергию при частоте $16^{2/3}$ Гц, и в США, где используется электроэнергия частоты 25 Гц. Питание электрических дорог от общих трехфазных систем через специальные тяговые подстанции, преобразующие трехфазный ток нормальной частоты в однофазный ток пониженной частоты, применено в Швеции.

Электрификация железных дорог СССР начиналась на постоянном токе с напряжением в контактной сети 1,2 – 1,5 кВ на пригородных участках и 3 кВ на магистральных. В последние десятилетия развитие электрификации в основном осуществляется на однофазном переменном токе с напряжением в контактной сети 25 кВ, а теперь еще и по системе 2х25 кВ. Линии постоянного тока, работавшие при более низком напряжении, переведены на 3 кВ, за исключением узкоколейного участка от Боржоми до Бакуриани (42 км), где используются импортные электровозы, рассчитанные на питание от сети напряжением 1,5 кВ.

В бывшем СССР осуществлялась комплексная электрификация, т. е. электрификация не только железных дорог, но и прилегающих районов. Поэтому сооружать специальные электрические станции или преобразовательные подстанции для получения тока пониженной частоты экономически нецелесообразно.

При тяге на однофазном токе промышленной частоты на сооружение устройств электроснабжения железных дорог требуются наименьшие капиталовложения по сравнению с другими системами тока, но возникают трудности с созданием простых и надежно работающих электровозов. Преодоление этих трудностей, заключающихся в большой сложности устройств преобразования энергии на ЭПС для питания тяговых двигателей, шло по пути разработок электровозов однофазного тока со статическими преобразователями.

Технико-экономический анализ и опыт эксплуатации электровозов однофазного тока различных типов показали, что наиболее экономичным и надежным является электровоз со статическими преобразователями переменного тока в постоянный (пульсирующий) для питания тяговых двигателей. Поэтому такую систему тяги называют также системой однофазно-постоянного (пульсирующего) тока, подчеркивая условия работы тяговых двигателей.

Статические ртутные преобразователи использовались на ЭПС примерно до середины XX столетия. Затем они уступили место силовым кремниевым полупроводниковым преобразователям.

Термин *полупроводники* – исторически сложившаяся условность и никак не отражает свойств этих элементов. Дело в том, что долгое время материалы делили на две группы – проводники электрического тока и диэлектрики, т. е. непроводники, изоляторы. Сравнительно недавно (в первой половине XX столетия) было установлено, что такие элементы, как германий, кремний и т. п., обладают удивительным свойством – пропускают переменный ток в одном направлении и не пропускают его в направлении, противоположном (обратном) из-за ничтожной проводимости. Их-то и назвали полупроводниками с тем, чтобы не менять уже сложившееся деление материалов на группы проводников и диэлектриков.

Установки, собранные из полупроводниковых элементов, часто называют из-за их односторонней проводимости *выпрямительными*, хотя в действительности они никакого «выпрямления» переменного напряжения и тока не производят.

Полупроводники, обладая свойством односторонней проводимости, способствовали бурному развитию преобразовательной техники, открыли совершенно новые возможности использования электрической энергии вообще и в системах электрической тяги в частности.

На базе второго поколения полупроводников – управляемых силовых кремниевых элементов, называемых *тиристорами*, были созданы импульсные системы управления режимами работы ЭПС. В таких системах электрическая энергия поступает к тяговым двигателям не непрерывно, а отдельными быстро следующими друг за другом короткими порциями – импульсами, что существенно расширяет регулировочные возможности ЭПС.

Наиболее совершенные из этих систем построены на базе *микропроцессорной техники*, т. е. программно-управляющих устройств, содержащих требуемый набор микрокоманд, которые определяют заданную последовательность выполнения элементарных операций. Эти устройства позволяют значительно повысить тягово-энергетические показатели ЭПС и электрической тяги в целом.

К 1 января 1988 г. электрифицированные железные дороги эксплуатировались в 52 государствах.

Электрификация железных дорог, являясь составной частью электрификации всего народного хозяйства, увеличивает пропускную и провозную способность железнодорожных линий, улучшает топливно-энергетический баланс страны, повышает производительность труда и общую культуру работы железнодорожников. Особенно ярко достоинства электрической тяги проявляются при её реализации на большом протяжении.

В странах СНГ протяженность железных дорог, электрифицированных по обеим системам тока, превышает 53 тыс. км. Установлен номинальный уровень напряжения на токоприемниках ЭПС: 3 кВ при постоянном и 25 кВ при переменном токе.

Основными параметрами системы электроснабжения электрифицированных железных дорог являются мощности тяговых подстанций, расстояние между ними и площадь сечения контактной подвески. Нагрузочная способность важнейших элементов электроснабжения (трансформаторов, выпрямителей, контактной сети) зависит от допускаемой температуры их нагрева, определяемой значением и длительностью протекающего тока.

Тяговые подстанции на электрифицированных дорогах постоянного тока выполняют две основные функции: понижают напряжение подводимого трехфазного тока и преобразуют его в постоянный ток. Для этой цели используют трансформаторы, выпрямители и другое оборудование. Широко применяют полупроводниковые выпрямители, которые обладают высокой надежностью, простотой устройства, обслуживания и управления, компактностью. Все оборудование переменного тока размещают на открытых площадках тяговых подстанций, а выпрямители и вспомогательные агрегаты – в закрытых помещениях. От тяговых подстанций электроэнергию по питающим линиям подают в контактную сеть. Относительно низкое напряжение (3 кВ) является основным недостатком системы постоянного тока, вследствие чего по контактной сети к электроподвижному составу подводится мощность (равна произведению напряжения на ток) с большим тяговым током. Для поддержания нужного уровня напряжения на токоприемниках локомотивов тяговые подстанции размещают близко друг от друга (10–20 км), а для передачи больших токов приходится увеличивать площадь сечения проводов контактной подвески.

При росте грузооборота строят дополнительные тяговые подстанции, увеличивают площадь сечения контактной сети (подвешивают усиливающие провода и др.), чтобы повышение числа и массы поездов не вызывало резкого падения напряжения и, следовательно, скоростей движения поездов. Радикальным способом устранения недостатков электроснабжения постоянного тока является создание системы регулирования напряжения в контактной сети.

Увеличение мощности в контактной сети за счет значительного повышения напряжения постоянного тока требует изготовления и эксплуатации тяговых двигателей, рассчитанных на более высокое напряжение, что связано с большими трудностями (сильно усложняется изоляция электрического оборудования, возникает опасность пробоя ионизированного слоя воздуха и др.).

Система однофазного тока напряжением 25–28 кВ широко применяется для тяги поездов на железных дорогах стран СНГ. Переменный ток дает

возможность значительно повысить технико-экономические показатели электрической тяги благодаря тому, что по контактной сети передается мощность при меньших токах по сравнению с системой постоянного тока, и обеспечивает движение тяжеловесных поездов с установленными скоростями при высокой грузонапряженности линий. Тяговые подстанции в этом случае размещают на расстоянии 40–60 км друг от друга. Они являются по существу трансформаторными подстанциями, понижающими напряжение с 110–220 до 25 кВ. Поскольку на этих подстанциях переменный ток не преобразуют в постоянный, то они не имеют выпрямительных агрегатов и связанного с ними вспомогательного оборудования. Их устройство и обслуживание значительно проще и дешевле тяговых подстанций постоянного тока. Все оборудование таких подстанций размещают на открытых площадках, но электроподвижной состав переменного тока сложнее.

Повышение напряжения позволило бы уменьшить потери напряжения и электроэнергии и увеличить расстояние между тяговыми подстанциями, однако, это связано с большими затратами на усиление изоляции, замену электроподвижного состава и др. Для улучшения показателей электрификации на переменном токе разработана система 2х25 кВ с промежуточными автотрансформаторами, размещаемыми на расстоянии 8–15 км друг от друга. От тяговых подстанций к автотрансформаторам электроэнергия напряжением 50 кВ подводится по контактной подвеске и дополнительному питающему проводу. Далее от автотрансформаторов к электроподвижному составу энергия подается с напряжением 25 кВ.

Применение системы электроснабжения 2х25 кВ не вызывает изменений в электроподвижном составе, но ее недостатком является необходимость подвески специального питающего провода.

На участках переменного тока работают локомотивы со статическими преобразователями и двигателями пульсирующего тока. Созданы опытные образцы мощных электровозов с бесколлекторными двигателями – асинхронными и вентильными.

Важным преимуществом подвижного состава переменного тока является возможность его совершенствования за счет применения тиристорных преобразователей, электронных систем управления и др.

Переменный ток оказывает электромагнитное влияние на металлические сооружения и коммуникации, расположенные вдоль железнодорожных путей. В результате на них наводится опасное напряжение, а в линиях связи и автоматики возникают помехи. Поэтому применяют особые меры защиты сооружений, а воздушные линии связи заменяют на кабельные или радиорелейные и реконструируют автоматику. На это расходуется около 20–25 % общей стоимости электрификации. Неотъемлемой частью

устройств электроснабжения электрифицированных железных дорог являются средства автоматики и телемеханики.

Стыкование линий, электрифицированных на постоянном и переменном токе, осуществляют по контактной сети на специально оборудованных железнодорожных станциях стыкования или используют электровозы двойного питания, которые работают и на постоянном и на переменном токе.

Тяговые подстанции. В систему тягового электроснабжения входят многочисленные и разнообразные установки – тяговые подстанции, посты секционирования, пункты параллельного соединения контактных сетей двух путей, установки для компенсации реактивной мощности при переменном токе, устройства для повышения напряжения при постоянном токе и др. Наиболее сложными из них являются тяговые подстанции. В соответствии с родом тока, подаваемого в контактную сеть, различают подстанции постоянного и переменного тока. Иногда в местах стыкования участков, электрифицированных на различных системах тока, располагают подстанции постоянно-переменного тока – стыковые подстанции.

Тяговые подстанции подключают к ЛЭП системы внешнего электроснабжения, имеющим различное напряжение (от 6 до 220 кВ). Они могут быть опорными, промежуточными (транзитными и отпачными) и тупиковыми. Иногда тяговые подстанции совмещают с подстанциями внешней энергосистемы, в некоторых случаях – с дежурными пунктами контактной сети. Как правило, тяговые подстанции строят стационарными с открытыми и закрытыми распределительными устройствами (РУ), однако бывают и передвижные подстанции, которые можно перемещать с одного места работы на другое.

На первых тяговых подстанциях постоянного тока в Закавказье и на Урале устанавливали вращающиеся преобразователи переменного тока в постоянный (мотор-генераторы). Впоследствии их повсеместно вытеснили статические преобразователи – ртутные выпрямители. Бурное развитие полупроводниковой техники не обошло и электрические железные дороги. Начиная с 1964 г. громоздкие и недостаточно надежные ртутные выпрямители начали заменять на полупроводниковые; последний ртутный выпрямитель был демонтирован в 1972 г.

Тяговые подстанции имеют довольно сложные электрические цепи. Главные из них рассмотрим применительно к тяговой подстанции переменного тока 25 кВ (опорной) и тяговой подстанции постоянного тока 3 кВ (транзитной). Стыковые тяговые подстанции отдельно рассматривать не будем, так как их электрические цепи включают в себя цепи подстанций постоянного и переменного тока.

2.8.4 Тяговая сеть

Впервые передача электрической энергии движущемуся вагону была осуществлена в 1876 г. русским инженером Ф. А. Пироцким. Для этого использовались ходовые рельсы, изолированные друг от друга. Одному из

них была придана положительная полярность, другому – отрицательная. Чтобы рельсы не замыкались через оси вагона, его колеса были деревянными, а токоосъем производился металлическими щетками, скользящими по рельсам. Позднее для подвода питания к вагону стали устанавливать третий рельс, получивший название контактного. Сначала этот рельс располагали на изоляторах между ходовыми рельсами, а затем сбоку от них.

В 1881 г. появилась первая воздушная контактная подвеска, предложенная немецкой фирмой «Сименс». Токоосъем с висящего провода осуществлялся с помощью ролика, установленного на токоприемнике вагона. В первых таких конструкциях ролик перемещался по верхней части провода, в последующих – по нижней. Затем на токоприемниках на смену деталям, катящимся по проводу, пришли элементы, скользящие по нему.

Основные способы токоосъема, предложенные еще в прошлом веке, сохранились до наших дней. До сих пор элементы контактной сети, имеющие непосредственный контакт с токоприемниками, выполняют в виде контактных рельсов и воздушных контактных подвесок.

Но конструкция их, конечно, существенно изменилась. На рисунке 2.84 приведена схема токоосъема на отечественных метрополитенах: контактный рельс 4 устанавливают сбоку от ходового рельса 2; на кронштейне 3 его крепят к шпале 1. Токоприемник 5 касается контактного рельса снизу. Этот рельс закрывают деревянным коробом 7 с изоляцией 6.

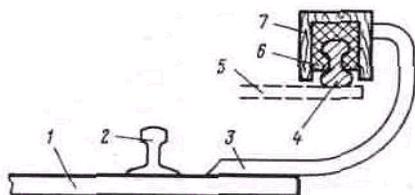


Рисунок 2.84 – Система токоосъема на отечественных метрополитенах

Тяговая сеть состоит из контактной и рельсовой сетей, питающих и отсасывающих линий. Контактная сеть представляет собой совокупность проводов, конструкций и оборудования, обеспечивающих передачу электрической энергии от

тяговых подстанций к токоприемникам электроподвижного состава. Она устроена таким образом, что обеспечивает бесперебойный токоосъем локомотивами при наибольших скоростях движения в любых атмосферных условиях.

Контактную сеть выполняют в виде воздушных подвесок. При движении локомотива токоприемник не должен отрываться от контактного провода, иначе нарушается токоосъем и возможен пережог провода. Надежная работа контактной сети в значительной мере зависит от стрел провеса провода и нажатия токоприемника на провод.

Воздушные контактные подвески. Их делят на простые и цепные. Простая контактная подвеска (рисунок 2.85) представляет собой провод, свободно висящий между точками подвеса, расположенными на опорах. Расстояние между осями опор называют *длиной пролета* $l_{п}$, или просто *пролетом*. Этот провод непосредственно вступает в контакт с токоприемниками ЭПС, и поэтому его называют контактным.

Качество токосъема во многом зависит от стрелы провеса контактного провода. *Стрела провеса* – это расстояние, измеряемое в плоскости расположения провода между точкой его подвеса и точкой наибольшего провисания. Стрела провеса тем больше, чем больше нагрузка на провод, и тем меньше, чем сильнее натянут провод. От длины пролета стрела провеса провода находится в квадратичной зависимости: например, при уменьшении пролета в 2 раза стрела провеса уменьшится в 4 раза.

Если не принять специальных мер для поддержания натяжения провода на определенном уровне, его натяжение и стрела провеса будут изменяться при колебаниях температуры и нагрузки. При увеличении температуры длина провода возрастает, а значит, увеличивается его стрела провеса и снижается натяжение. При понижении температуры длина провода уменьшается, что вызывает уменьшение стрелы провеса и увеличение натяжения.

Стрела провеса провода будет меняться и при изменениях нагрузки на него. Например, в случае образования на проводе гололедных отложений нагрузка увеличится, и стрела провеса станет больше. Иногда во время сильных гололедов она даже больше, чем при максимальной температуре воздуха. Под давлением ветра нагрузка, действующая на провод, также увеличивается, и провод отклоняется в сторону от вертикального положения. Это отклонение и стрела провеса провода (в плоскости его отклонения) будут тем больше, чем сильнее ветер.

Чтобы обеспечить лучшее качество токосъема, стремятся иметь небольшие стрелы провеса контактного провода, так как при этом токоприемник меньше перемещается по вертикали и ему легче следовать за изменениями высоты контактного провода.

Уменьшения стрелы провеса контактного провода можно достичь, снижая нагрузку на провод, уменьшая длину пролета и увеличивая натяжение. Лучше всего

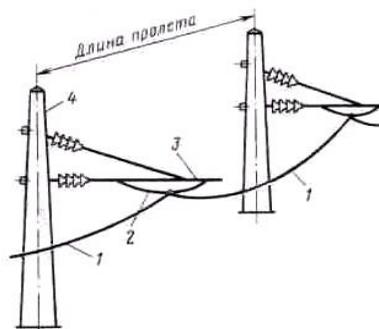


Рисунок 2.85 – В простой контактной подвеске контактный провод 1 подвешивают на гибком тросе 2 к кронштейну 3, расположенному на опоре 4. Гибкие тросы применяют при необходимости повышения эластичности подвески у опор

было бы уменьшить длину пролета, но это нежелательно, так как возрастет число опор и, следовательно, увеличится стоимость контактной сети. Изменить нагрузку на провод, за исключением удаления гололедных образований, нельзя – она определяется весом самого провода. Повысить натяжение провода можно, но только до предела, определяемого максимальным допуском в условиях эксплуатации значением – оно ограничено прочностью провода. Поэтому, если необходимо существенно уменьшить стрелу провеса контактного провода, приходится усложнять контактную подвеску.

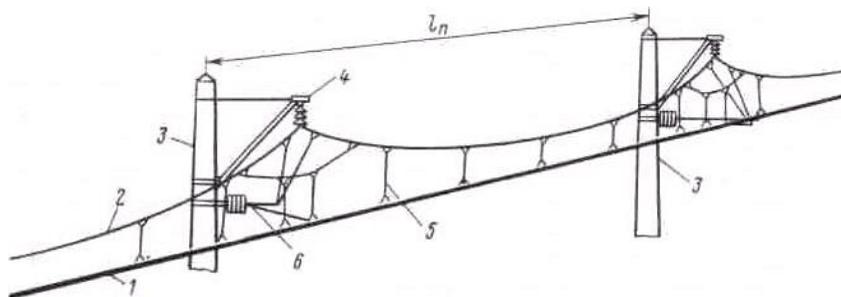
Большое значение для достижения бесперебойного токосъема имеет также равномерность эластичности контактной подвески вдоль пролета. *Эластичность* подвески характеризует ее способность подниматься под воздействием токоприемника. Чем меньше разница в высоте подъема контактного провода в разных местах пролета, тем более плавно движется токоприемник и надежнее его контакт с проводом.

Эластичность измеряют отношением высоты, на которую поднялся контактный провод, к силе нажатия токоприемника, вызвавшей этот подъем. Величину, обратную эластичности контактной подвески, называют ее жесткостью. *Жесткость* подвески показывает, какую силу нужно приложить к данной точке, чтобы поднять подвеску на 1 м. Эластичность простой контактной подвески вдоль пролета резко неравномерна – наибольшая в середине пролета, наименьшая – в точках подвеса.

Осложняет токосъем наличие на контактной подвеске жестких точек. *Жесткой* называют такую точку на подвеске, в которой эластичность значительно меньше, чем в середине пролета. При простой контактной подвеске каждая точка подвеса является жесткой. Следовательно, нежелательно уменьшать длину пролета как по экономическим соображениям, так и потому, что растет число жестких точек.

Простые контактные подвески обеспечивают удовлетворительный токосъем при сравнительно небольших скоростях движения. Их в основном применяют для трамваев и троллейбусов. Поэтому простую подвеску называют иногда трамвайной.

Цепные контактные подвески (рисунок 2.86) применяют на магистральных и пригородных электрифицированных участках во всех странах. В такой подвеске контактный провод в пролете между опорами висит не свободно, а на часто расположенных проволоках – так называемых *струнах*, которые прикреплены к другому, расположенному выше проводу, называемому *несущим тросом*. Для того чтобы контактный провод занимал определенное положение относительно оси токоприемника и не отклонялся



от нее под действием ветра на недопустимое расстояние, на опорах устанавливаются

Рисунок 2.86 – В цепной контактной подвеске контактный провод 1 подвешивают на струнах 5 к несущему тросу 2, на опоре 3 устанавливают консоль 4 и фиксатор 6

специальные устройства – *фиксаторы*.

Преимущества цепной подвески по сравнению с простой заключается в следующем. В цепной подвеске при определенных температуре и нагрузке благодаря наличию несущего троса можно задать любую стрелу про-

веса контактного провода, подобрав соответствующие длины струн в пролете. Можно достигнуть и так называемого *беспровесного положения контактного провода*, при котором нижние концы всех струн находятся на одном и том же расстоянии от головок ходовых рельсов. В этом случае считают, что контактный провод располагается по прямой линии и его стрела провеса равна нулю. Для того чтобы при простой подвеске получить такие же стрелы провеса контактного провода, как между струнами цепной подвески, надо при прочих одинаковых условиях уменьшить длину пролета между опорами до расстояния между струнами, что совершенно неприемлемо. Малые стрелы провеса контактного провода позволяют при цепной подвеске смягчить, уменьшить жесткость точек вблизи опор, т. е. улучшить качество токосъема. Эластичность цепной подвески можно выровнять не только увеличением ее у опор, но и снижением в средней части пролета.

Изменения стрел провеса контактного провода при цепной подвеске в основном зависят от изменений стрел провеса несущего троса, а не от их абсолютных размеров. Если устранить изменения стрелы провеса несущего троса, то можно считать, что стрела провеса контактного провода будет неизменной.

Стрелы провеса контактного провода между струнами можно довести до чрезвычайно малых, практически не ощутимых для токоприемника значений, поддерживая определенное натяжение контактного провода и уменьшая расстояние между струнами.

Высота подвески контактного провода над уровнем верха головки рельса должна быть на перегонах и станциях не ниже 5750 мм и не должна превышать 6800 мм. В горизонтальной плоскости контактный провод закреплен фиксаторами так, что относительно оси пути он подвешен зигзагообразно с отклонением у каждой опоры на ± 300 мм. Благодаря этому контактный провод достаточно устойчив против ветра и не перетирает контактные пластины токоприемников.

При цепных подвесках, как видим, значительно улучшается качество токосъема. Кроме того, удается выполнять довольно большие пролеты

между опорами (примерно вдвое большие, чем при простых подвесках) и обеспечивать движение поездов с очень высокими скоростями (300 км/ч и более).

Наибольшее распространение получили медные фасонные (МФ) контактные провода из твердотянутой электролитической меди сечением 85, 100 и 150 мм² (рисунок 2.87). Их заменяют через 6–7 лет и более. Износ контактных проводов снижает сухая графитовая смазка полозов токоприемников, применение угольных полозов и износостойких медно-кадмиевых и медно-магниевых контактных проводов.

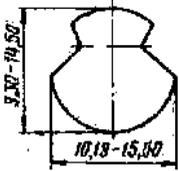


Рисунок 2.87 – Профиль контактного

Опоры применяют железобетонные (рисунок 2.88) и металлические (рисунок 2.89). Расстояние от оси крайнего пути до внутреннего края опор контактной сети на перегонах и станциях должно быть не менее 3100 мм. На существ-

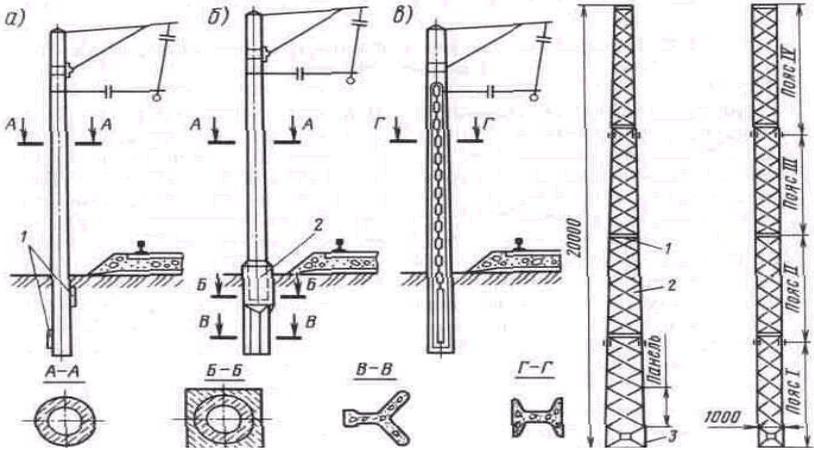


Рисунок 2.88 – Железобетонные опоры: при установке консольных конических опор, устанавливаемых без фундаментов (а),– применяют лежни 1. Такие опоры устанавливают на фундаментах стаканного типа (б). Двухъяровые опоры (в) устанавливают без фундаментов

Рисунок 2.89 – К стойкам 3 металлических опор приваривают раскосы 2 решетки. У каждого стыка устанавливают диафрагму 1

ующих электрифицированных линиях, а также в особо трудных условиях на вновь электрифицированных линиях расстояние от оси пути до внутреннего края опор допускается не менее 2450 мм на станциях и 2750 мм на перегонах.

Биметаллические несущие тросы имеют сечение до 95 мм^2 , а медные – до 120 мм^2 . С помощью изоляторов их подвешивают к консолям, укрепленным на опорах, или к жестким и гибким поперечинам, перекрывающим железнодорожные пути. Струны из сталемедной проволоки выполнены так, что они не мешают подъему контактного провода токоприемниками. Фиксаторы делают легкими и подвижными, чтобы при прохождении токоприемника возникали удары.

На крупных станциях контактные провода подвешены только на путях, предназначенных для приема и отправления поездов на перегоны с электротягой, а также на путях электровозных и мотор-вагонных депо. На промежуточных станциях, где маневры выполняются электровозами, контактной сетью оборудованы обе стороны пути. Над стрелочными переводами контактная сеть имеет воздушные стрелки, образуемые пересечением двух контактных подвесок.

Устройство контактной сети на раздельных пунктах приведено на рисунке 2.90.

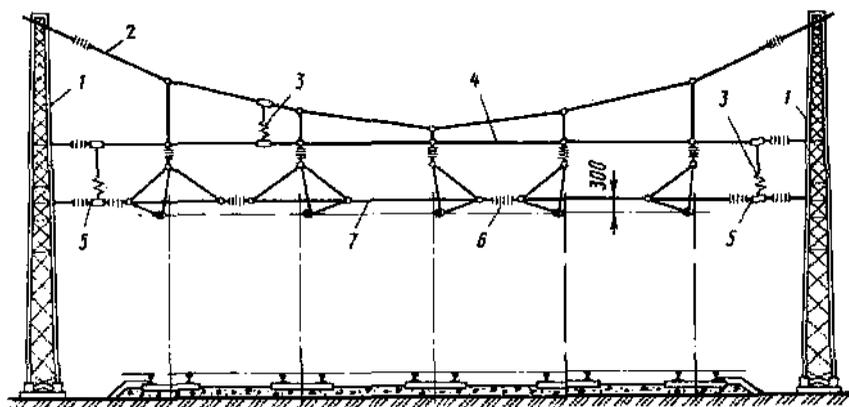


Рисунок 2.90 – Устройство контактной сети на раздельном пункте: поперечный несущий трос 2, верхний 4 и нижний 7 фиксирующий тросы крепят к металлическим опорам 1; тросы друг с другом соединяют электрическими соединителями 3; в нижнем тросе устраивают нейтральные участки 5 и устанавливают секционирующие изоляторы 6

Для надежной работы и удобства обслуживания контактную сеть делят на отдельные участки (секции) с помощью воздушных промежутков и нейтральных вставок (изолирующих сопряжений), а также секционных и врезных изоляторов. При проходе токоприемника электроподвижного состава по воздушному промежутку он кратковременно электрически соединяет обе секции контактной сети. Если по условиям питания секций

это недопустимо, то их разделяют нейтральной вставкой, состоящей из нескольких последовательно включенных воздушных промежутков. Применение таких вставок обязательно на участках переменного тока, когда смежные секции питаются от разных фаз трехфазного тока. Длина нейтральной вставки устанавливается с таким расчетом, чтобы при любых комбинациях поднятых токоприемников подвижного состава полностью исключалось одновременное замыкание контактных проводов нейтральной вставки с проводами прилегающих к ней секций контактной сети. В отдельные секции выделяют перегоны и промежуточные станции, а на крупных станциях – отдельные группы электрифицированных путей. Соединяют или разъединяют секции секционными разъединителями, установленными на опорах контактной сети. Между соседними тяговыми подстанциями размещают посты секционирования, оборудованные автоматическими выключателями для защиты контактной сети от коротких замыканий.

С целью безопасности обслуживающего персонала и других лиц, а также для улучшения защиты от токов короткого замыкания заземляют или оборудуют устройствами защитного отключения металлические опоры и элементы, к которым подвешена контактная сеть, а также все металлические конструкции, расположенные ближе 5 м от частей контактной сети, находящихся под напряжением.

Для снабжения электроэнергией линейных железнодорожных и районных потребителей на опорах контактной сети дорог постоянного тока подвешивают специальную трехфазную линию электропередачи напряжением 10 кВ. Кроме того, в необходимых случаях на этих опорах размещают провода телеуправления тяговыми подстанциями и постами секционирования, низковольтных осветительных и силовых линий и др.

Безопасность обслуживающего персонала и других лиц и увеличение надежности защиты контактной сети от токов короткого замыкания обеспечиваются заземлением устройств, которые могут оказаться под напряжением вследствие нарушения изоляции или соприкосновения их с оборванными проводами. Заземляют все металлические опоры и конструкции, расположенные на расстоянии не менее 5 м от контактной сети. В зоне влияния контактной сети переменного тока заземляют также все металлические сооружения, на которых могут возникнуть опасные наведенные напряжения.

На электрифицированных дорогах рельсы используют для пропуска тяговых токов, поэтому верхнее строение пути на таких дорогах имеет следующие особенности:

- к головкам рельсов с наружной стороны колеи прикреплены (приварены) стыковые соединители из медного троса, вследствие чего уменьшается электрическое сопротивление рельсовых стыков;

- применяют щебеночный балласт, обладающий хорошими диэлектрическими свойствами. Зазор между подошвой рельса и балластом делают не менее 3 см;

- деревянные шпалы пропитывают креозотом, а железобетонные надежно изолируют от рельсов резиновыми прокладками;

- рельсовые нити через определенные расстояния электрически соединяют между собой, что позволяет уменьшить сопротивление току;

- линии, оборудованные автоблокировкой и электрической централизацией, имеют изолирующие стыки, с помощью которых образованы отдельные блок-участки. Чтобы пропустить тяговые токи в обход изолирующих стыков, устанавливают дроссель-трансформаторы или частотные фильтры.

Питающие и отсасывающие линии (сети) выполняют воздушными или кабельными. Для предохранения подземных металлических сооружений от повреждения блуждающими токами уменьшают сопротивление рельсовых цепей, улучшают их изоляцию от земли, а также устраивают специальную защиту.

2.8.5 Эксплуатация устройств электроснабжения

Тяговые подстанции, контактная сеть, мастерские, ремонтно-ревизионный цех, складское хозяйство и др. находятся в ведении участков энергоснабжения (дистанции электроснабжения), которые обслуживают 150 – 250 км линий при постоянном токе или 200–300 км при переменном токе. Тяговые подстанции бывают с ручным и телемеханическим управлением. В первом случае управление и контроль за работой оборудования осуществляет эксплуатационный персонал, находящийся на подстанциях. Применение телемеханики для дистанционного управления с поста энергодиспетчера основными объектами электроснабжения привело к повышению производительности труда и сокращению штатов. Широкое распространение получили метод обслуживания подстанций оперативными бригадами и дежурство на дому. Помещения энергодиспетчерских пунктов оборудуются мнемосхемами электрифицированных участков (рисунок 2.91). Наиболее совершенными системами телеуправления устройствами электроснабжения является комплекс "Лисна", разрабатывается АСУЭ на интегральных схемах, микропроцессорах и других новейших элементах.

Эксплуатацию контактной сети, а также проводов линий продольного электроснабжения, высоковольтных линий СЦБ и линий напряжением до 400 кВ на перегонах осуществляют районы контактной сети. В составе энергоучастка имеется несколько таких районов протяженностью 30–50 км эксплуатационной длины. На дежурных пунктах районов расположены

помещения для персонала, мастерские, гаражи для автомотрис (автодрезин) и автолетучек, склады. Дежурный пункт располагают таким образом, чтобы был обеспечен быстрый выезд восстановительной автомотрисы (автодрезины) на линию. Для оперативных переговоров с энергодиспетчером и работниками других служб дежурные пункты оборудованы селекторной диспетчерской и другой связью. Переговоры с местами производства работ ведутся с использованием переносных телефонов, включаемых в провода линий связи, или телефонов, установленных у сигналов автоблокировки, или радиосвязи автомотрис. Внешний вид энергодиспетчерского пункта приведен на рисунке 2.91.

Энергодиспетчерская группа руководит бесперебойным питанием электрической энергией контактной сети. В подчинении дежурного энергодиспетчера находятся работники тяговых подстанций, районов контактной сети и персонал, обслуживающий линии электропередачи.

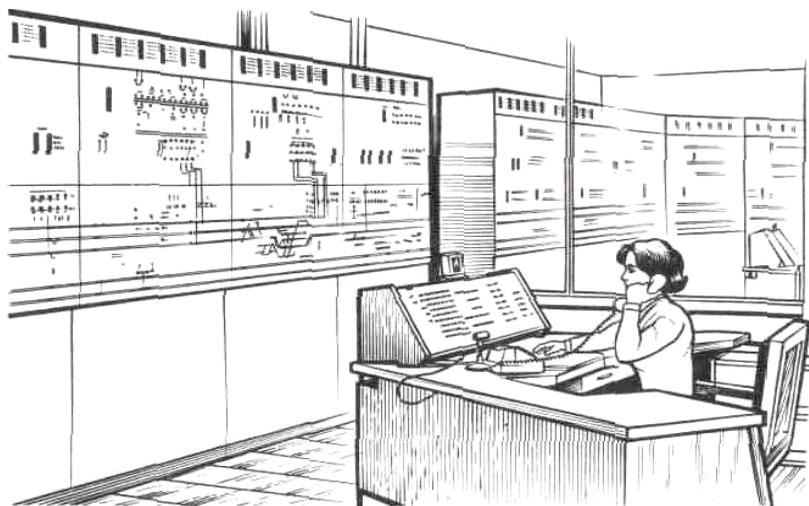


Рисунок 2.91 – Оборудование энергодиспетчерского пункта электрифицированного участка

Работники районов контактной сети проверяют состояние контактной сети, обеспечивают ее текущее содержание, ремонтируют и восстанавливают. Ряд работ по обслуживанию и ремонту сети выполняется без снятия напряжения и перерыва движения поездов. При производстве таких работ особое внимание уделяют соблюдению правил техники безопасности.

Для обеспечения надежного токосъема в зимнее время применяются меры борьбы со льдом, образующимся на контактных проводах. Удаление льда достигается нагреванием контактных проводов путем подачи больших

токов или механическими способами с помощью вибротокоприемников, скребков и других устройств.

2.9 Автоматика и телемеханика (А и Т)

Железнодорожный транспорт оснащен современными устройствами и системами для автоматического и телемеханического управления различными производственными процессами во всех службах и хозяйствах железных дорог: ЭВМ, системами телеуправления тяговыми подстанциями электрифицированных железных дорог, пунктами водоснабжения и другими устройствами, комплексом устройств для автоматизации процессов обслуживания пассажиров на вокзалах, автоматикой в локомотивном и вагонном хозяйствах и т. д.

Автоматизированные системы управления железнодорожным транспортом (АСУЖТ) включают в себя ряд подсистем более низкого уровня: сортировочных станций (АСУСС), оперативного управления перевозочным процессом (АСУОП) и др.

К устройствам автоматики и телемеханики, при помощи которых осуществляется регулирование движения поездов и обеспечивается безопасность их следования по перегонам, относятся устройства сигнализации, централизации и блокировки (СЦБ).

Основным назначением устройств СЦБ на железнодорожном транспорте является обеспечение безопасности и четкой организации движения поездов и маневровой работы.

Благодаря механизации и автоматизации операций по регулированию движения поездов и маневровой работы эти устройства способствуют повышению производительности труда за счет уменьшения числа работников, занятых на производстве, увеличению пропускной способности перегонов и станций, ускорению движения поездов и улучшению использования подвижного состава.

Устройства СЦБ условно подразделяются на *перегонные* и *станционные*.

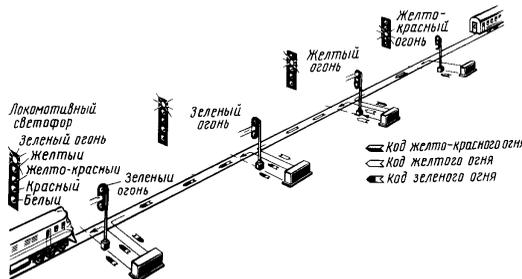
Основными средствами СЦБ на перегонах являются: путевая автоматическая блокировка, автоматическая локомотивная сигнализация и автостопы, устройства диспетчерского контроля за движением поездов, автоматическая поездная сигнализация с автошлагбаумами, а также полуавтоматическая блокировка и электрожелезнодорожная система, хотя они и не обладают высокими качествами автоматических систем.

Автоматическая блокировка (АБ). При АБ межстанционные перегоны делятся на более короткие перегоны – *блок-участки* (длиной 1000 – 3000 м) и на их границах устанавливают автоматически действующие *проходные светофоры*.

Во время отправления поезда со станции разрешение машинисту занять блок-участок подается светофором, открываемым дежурным по станции.

Схема разграничения поездов при трёхзначной автоблокировке приведена на рисунке 2.92.

Поезда, находящиеся на перегоне, движутся по сигналам проходных светофоров. Нормально проходной светофор открыт, разрешая поезду занять блок-участок. Как только поезд вступает на ограждаемый участок, светофор автоматически закрывается, запрещая следующему поезду движение на этот участок пути до полного его освобождения.



2-значной (метро), 3-,

Рисунок 2.92 – Разграничение поездов на перегоне при кодовой автоблокировке (участки) сигнализацией.

4-значной (скоростные магистрали и пригородные

Автоблокировка позволяет применять пакетные графики движения поездов (см. рисунок 2.49). Интервал между поездами в пакете определяется по формуле

$$I = (3l_{\text{б}} + l_{\text{п}}) / v_{\text{х}}, \quad (2.21)$$

где $l_{\text{б}}$ – длина блок-участка, км; $l_{\text{п}}$ – длина поезда, км; $v_{\text{х}}$ – ходовая скорость движения, км/ч.

Релейная полуавтоматическая блокировка (ПАБ). Полуавтоматической она называется потому, что часть действий по изменению показаний сигналов производится автоматически (от воздействия поездов), а часть – работниками, занятыми приемом, отправлением и пропуском поездов.

Каждый межстанционный перегон со стороны станции огражден выходными светофорами. Нормально выходные светофоры закрыты.

При ПАБ на перегоне (однопутном) может находиться только один поезд (см. рисунок 2.49 – пачечная прокладка).

Отправление очередного попутного поезда на перегон со станции А возможно только после освобождения перегона первым поездом и подтверждения этого дежурным по станции Б нажатием кнопки "Дача прибытия" и после "Дача согласия" на отправление очередного поезда.

Электрожелезная система. Применяется на малоделятельных участках.

Разрешением машинисту на занятие перегона является жезл этого перегона.

Станции, ограничивающие перегон, оборудуются аппаратами для хранения жезлов, которые связаны между собой электрической зависимостью. Жезл из аппарата можно вынуть только при наличии в аппаратах в сумме четного числа жезлов и подачи с соседней станции с помощью индуктора тока, открывающего специальную блокировочную защелку на аппарате.

Телефонные средства связи обеспечивают малую пропускную способность перегонов из-за значительных затрат времени на станционные интервалы, необходимые для переговоров дежурных смежных станций и ведения журналов установленной формы. Поэтому движение поездов при телефонных средствах связи осуществляется только при отказе основных средств сигнализации и связи по движению поездов. Разрешением машинисту на занятие перегона при телефонных средствах связи служит путевая записка, выписываемая дежурным по станции отправления после согласования с дежурным по соседней станции. Переговоры по движению поездов осуществляются в виде телефонограмм, которые записываются в специальный журнал поездных телефонограмм.

Автоматическая локомотивная сигнализация (АЛС) и автостопы. При плохой видимости из-за тумана, снегопада, дождя и др. машинист не всегда может своевременно различать показания светофора и может проехать запрещающий сигнал. Чтобы исключить такие случаи, участки с АБ дополняют устройствами АЛС. Она предназначена для передачи показаний путевого светофора, к которому следует поезд, на локомотивный светофор, установленный в кабине машиниста.

Дополнительно к устройствам АЛС на локомотивах устанавливают *автостопы*, которые служат для автоматической остановки поезда, если машинист не примет мер к торможению и своевременной остановке поезда перед светофором с запрещающим движение показанием (сигналом красного цвета).

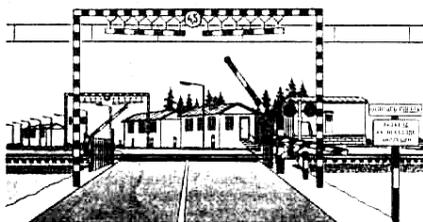
В зависимости от способа передачи сигнальных показаний путевых сигналов на локомотив (непрерывно или только в определенных точках пути) различают АЛС непрерывного типа с автостопом (АЛСН) и АЛС точечного типа с автостопом (АЛСТ).

Устройство диспетчерского контроля за движением поездов. На линиях, оборудованных автоблокировкой, применяют устройства

диспетчерского контроля (ДК), предназначенные для дачи поезному диспетчеру информации об установленном направлении движения на участках однопутной блокировки, занятости блок-участков, главных и приемо-отправочных путей промежуточных станций, показаниях входных и выходных светофоров, а также автоматических переездных устройств. На железных дорогах применяют систему частотного диспетчерского контроля (ЧДК). С перегонов информация о состоянии контролируемых объектов по специально выделенным проводам сначала передается на промежуточные станции, а затем по цепи диспетчерского контроля поступает на центральный диспетчерский пункт.

Автоматическая переездная сигнализация и автошлагбаумы.

Переезды устраиваются в местах пересечения железной дороги автомобильными дорогами. Переезды бывают *регулируемые* (рисунок 2.93), на которых движение автотранспортных средств через переезд



работником.

Такие переезды называются

регулируемые устройствами переездной сигнализации, а также дежурным работником, и *нерегулируемые*, на которых возможность безопасного переезда определяется водителями транспортных средств. В некоторых случаях переездная сигнализация обслуживается дежурным

работником, а не обслуживаемые — *неохраняемыми*. К переездным ограждающим устройствам относятся: переездная автоматическая светофорная сигнализация, автоматические шлагбаумы, электрошлагбаумы и механические шлагбаумы. Нормальное положение автоматических шлагбаумов открытое, а электрошлагбаумов и механизированных шлагбаумов, как правило, закрытое.

К станционным устройствам автоматики и телемеханики относят прежде всего устройства СЦБ, которые служат для управления стрелками и сигналами и обеспечения таких взаимных зависимостей между ними, при которых исключается открытие сигнала в случае неправильно установленных и незапертых стрелок, а при открытом сигнале не допускается перевод тех стрелок, по которым предусмотрен пропуск поезда, маневры и т. д.

Основными техническими средствами СЦБ на станциях служат ЭЦ стрелок и сигналов, горочная автоматическая централизация (ГАЦ) и диспетчерская централизация (ДЦ).

Диспетчерской централизацией (ДЦ) называются устройства, которые на участках дорог дают возможность управлять движением поездов из одного пункта одним лицом (поездным участковым диспетчером – ДНЦ). ДЦ позволяет обеспечить: управление из одного пункта стрелками и сигналами ряда станций и перегонов; контроль за положением и занятостью перегонов, путей на станциях и прилегающих к ним блок-участков, повторение показаний сигналов и т. д. При ДЦ все промежуточные станции оборудуются электрической централизацией (ЭЦ), а перегоны – автоблокировкой. Протяженность диспетчерского участка составляет 100 – 150 км с числом промежуточных станций 10 – 15. Применяются ДЦ типа "Нева", "Луч", "Минск", "Днепр".

Горочная автоматическая централизация (ГАЦ). На крупных станциях поезда расформировываются и формируются на сортировочных горках. Состав надвигают на горку, откуда отдельные вагоны или группы вагонов (отцепы) скатываются на пути сортировочного (подгорочного) парка, специализированные по назначениям плана формирования. Управление централизованными стрелками, сигналами и замедлителями (рисунки 2.94, 2.95) для торможения вагонов ведут с одного горочного поста.

Для расформирования составов и повышения способности сортировочные горки оснащены комплексом автоматических устройств, в состав которых входит ГАЦ, обеспечивающая автоматический перевод стрелок для каждого отцепа, скатывающегося с горки по заданному маршруту на подгорочный путь. Устройства ГАЦ состоят из стрелочных электроприводов, электрических рельсовых



Рисунок 2.94 – Горочное оборудование.

Система ГАЦ может работать в программном автоматическом и маршрутном режимах.

Электрическая централизация стрелок и сигналов (ЭЦ).

Электрическая централизация предназначена для управления стрелками и сигналами станций с использованием электрической энергии. При ЭЦ дальность управления стрелками и сигналами практически не ограничена, поэтому с

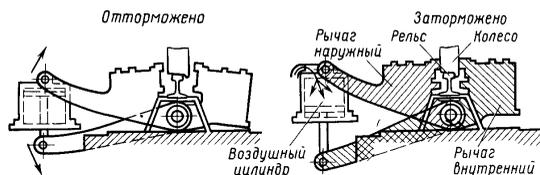


Рисунок 2.95 – Принцип действия горочного замедлителя

одного поста можно управлять большим числом объектов.

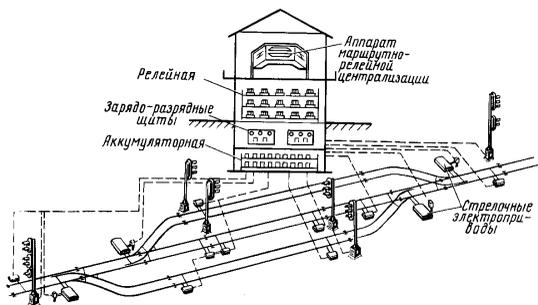
Согласно ПТЭ устройства ЭЦ не должны допускать:

- открытия входного светофора при маршруте, установленном на занятый путь;
- перевода стрелки под подвижным составом;
- открытия светофоров, соответствующих данному маршруту, если стрелки не поставлены в надлежащее положение, а светофоры враждебных маршрутов не закрыты;
- перевода входящей в маршрут стрелки и открытия светофора враждебного маршрута при открытом светофоре, ограждающем установленный маршрут.

На железных дорогах принята система релейной централизации (РЦ), в которой все необходимые зависимости и замыкания осуществляются с помощью реле.

Широко применяется блочная маршрутно-релейная централизация (БМРЦ), позволяющая приготовить маршрут поезду, указав только его начало и конец, стрелки в маршруте переводятся автоматически (рисунок 2.96).

ЭЦ по сравнению с ручным управлением стрелками увеличивает пропускную способность горловин в 1,5 – 2 раза, позволяет сократить штат станционных работников на 30 – 50 человек на каждые 100 централизованных стрелок, повышает производительность труда работников службы перевозок и связи на 35 – 50 %, надежно обеспечивает безопасность движения.



В электрической централизации силу сигналов заменила «сила» электрического тока

Рисунок 2.96 – Оборудование станции БМРЦ

2.10 Система сигнализации и виды связи

Железнодорожная сигнализация представляет собой систему условных знаков, при помощи которых передаются приказы и указания, касающиеся движения поездов и маневровой работы.

Сигналом называется условный видимый или звуковой знак, с помощью которого подается определенный приказ.

Сигналы делятся на видимые и звуковые, видимые, в свою очередь, – на дневные, ночные и круглосуточные.

Видимые сигналы выражаются: цветом огней, щитов, флагов, дисков; числом и взаимным положением сигнальных показаний; режимом горения сигнальных огней и формой переносных сигнальных щитов. Преимущество – возможность передачи приказа на большие, по сравнению со звуковым сигналом, расстояния.

Звуковые сигналы выражаются числом и сочетанием звуков различной продолжительности. Значение их днем и ночью одно и то же.

Видимые сигналы в зависимости от сигнальных приборов, которыми их подают, классифицируются:

- на постоянные (светофоры, устанавливаемые в определенных местах железнодорожного пути, и локомотивные светофоры);
- переносные (щиты, флаги, фонари на шестах, предназначенные для временного ограждения тех или иных участков пути и подвижного состава);
- ручные (флаги, диски, фонари, посредством которых подают на поезда различные команды и указания);
- поездные (диски, флаги и фонари для обозначения головы и хвоста поезда).

Кроме сигналов применяются видимые сигнальные знаки и указатели (маршрутные, стрелочные, путевого ограждения и т. д.).

В качестве постоянных сигналов применяются **с в е т о ф о р ы**. Они делятся на основные и предупредительные, которые извещают о приближении к основным сигналам и их показании.

Основные сигналы делятся:

- на входные;
- выходные;
- проходные, расположенные на перегоне;
- маршрутные, разрешающие или запрещающие проезд из одного района станции в другой;
- прикрытия для ограждения от пересечения в одном уровне железной дороги с другими дорогами.

Основными сигнальными цветами на железнодорожном транспорте являются:

- красный, запрещающий движение;
- желтый – разрешает движение и требует снижения скорости;
- зеленый, разрешающий движение с установленной скоростью;
- синий – используется как запрещающий на маневровых светофорах;

- лунно-белый – применяется как разрешающий маневровый и как пригласительный на входных, выходных и маршрутных светофорах;
- прозрачно-белый – используется в ручных фонарях, поездных сигналах, указателях гидроколонок;
- молочно-белый – применяется в стрелочных указателях и указателях путевого заграждения.

Сигналом остановки "**Стой**" являются: красный огонь светофора, фонаря; красный цвет флага или диска; движение по кругу фонаря с огнем любого цвета (ночью), флага, руки или какого-либо предмета (днем); непонятное показание сигнала.

Звуковые сигналы: "**Стой**" – три коротких гудка (...); "**Отправится поезду**" – один длинный (-); "**Сигнал бдительности**" – один короткий и один длинный (. -); "**Общая тревога**" – один длинный и три коротких (- ...); "**Пожарная тревога**" – один длинный и два коротких (- ..); "**Воздушная тревога**" – ряд коротких звуков (.....) в течение 2 –3 минут; "**Радиационная опасность**" или "**Химическая тревога**" – один длинный и один короткий (-.). Взрыв петарды требует немедленной остановки.

Поезда обозначаются: грузовые и пассажирские с головы – днем – негорящими фонарями у буферного бруса, ночью – двумя прозрачно-белыми огнями фонарей у буферного бруса.

Хвост поезда обозначается: грузового – днем и ночью красным диском со светоотражателем у буферного бруса с правой стороны; пассажирского – днем и ночью тремя красными огнями (два на кронштейнах и один внизу с правой стороны у буферного бруса).

Маневровые локомотивы ночью должны иметь впереди и сзади на буферных брусках со стороны основного пульта управления локомотива по одному прозрачно-белому огню.

Для руководства движением поездов и работой линейных подразделений железные дороги имеют различные виды связи: телефонную, телеграфную и радиосвязь.

Связь разделена на магистральную, дорожную, отделенческую, местную (станционную) сети.

Магистральная (телефонная и телеграфная) предназначена для связи министерства и управления дороги с отделениями дорог и крупными станциями, а также последних между собой;

дорожная (телефонная и телеграфная) – для связи работников управления дороги с отделениями дорог и крупными станциями, а также последних между собой;

местная (телефонная) – для служебных переговоров работников различных служб, находящихся в одном пункте;

постанционная – для связи работников станций участка между собой. Её организуют в пределах одного участка с выходом через коммутатор в дорожную связь для переговоров с отделениями и управлением дороги;

поездная диспетчерская – для служебных переговоров поездного диспетчера со станциями своего участка;

поездная межстанционная – для служебных переговоров дежурных смежных станций по вопросам движения поездов;

перегонная – для служебных переговоров руководителей путевых работ, электромехаников СЦБ и контактной сети, находящихся на перегоне, с дежурными по станциям, ограничивающим данный перегон.

Кроме того бывает связь: *линейно-путевая, энергодиспетчерская, стрелочная, станционная распорядительная, связь электромехаников, вагонная диспетчерская, дорожная распорядительная, билетно-диспетчерская, информационная, связь передачи данных в ВЦ, связь совещаний.*

Преимуществом радиосвязи по сравнению с проводной является то, что она дает возможность вести переговоры с работниками, находящимися в движении (машинистами локомотивов, составителями и т. д.).

Различают радиосвязь поездную, станционную и ремонтно-оперативную.

Поездная радиосвязь предназначена для обеспечения непрерывной двусторонней связи между поездным диспетчером и машинистами локомотивов, находящихся в пределах диспетчерского участка; машинистом и дежурным по ближайшей станции и машинистов встречных поездов между собой.

Станционная радиосвязь бывает нескольких видов: маневровая, горочная и т. д.

Маневровая радиосвязь обеспечивает подвижную двустороннюю связь маневрового диспетчера (дежурного по станции, составителя поездов) с машинистами маневровых локомотивов в пределах территории станции.

Горочная радиосвязь применяется для переговоров дежурного по горке с машинистами горочных локомотивов.

Ремонтно-оперативная связь предназначена для управления ремонтными работами на перегонах.

Радиорелейная связь служит для одновременной передачи большого числа телефонных разговоров и телевизионных программ.

Существует два вида проводных линий, используемых в качестве каналов в системах железнодорожной автоматики, телемеханики и связи: **воздушные** и **кабельные**. Ведется строительство **волоконно-оптической линии связи**.

На дорогах, электрифицированных переменным током, применяют только кабельные линии связи и автоматики.

Кабельные линии связи и автоматики бывают воздушные, подземные и подводные.

3

ВОДНЫЙ

ТРАНСПОРТ

3.1 Краткая историческая справка

Водный транспорт всегда имел для России исключительное значение. В

Древней Руси основными путями сообщения являлись реки и озера. Их роль становится понятной при рассмотрении карты европейской части страны: бескрайняя равнина, лишь в середине приподнятая Валдайской возвышенностью. Здесь берут начало многие реки, впадающие в Каспийское, Черное, Балтийское и Белое моря. На юго-восток в Каспийское море несет свои воды Волга, на юг – Днепр, к Балтийскому морю – Западная Двина. С Балтийским морем через систему рек и озер связаны реки Ловать и Мета, впадающие в озеро Ильмень, на север к Белому морю спускается река Сухона, впадающая в Северную Двину. Этими путями наши предки издавна перевозили грузы.

В верховьях рек и речек, близко расположенных друг к другу, организовывались специальные "волоки" по перетаскиванию судов и передаче грузов с одной реки на другую. Такие "волоки" существовали через водоразделы между Днепром, Ловатью и Западной Двиной, Днепром и Москвой-рекой; Шексной и Сухоной и т. п.

В древности исключительную роль играл Днепр как основной водный путь Киевского государства.

От Балтийского к Черному морю пробирались по водам Невы, Волхова, Ловати, Десны и Днепра. Этот торговый путь известен как путь из "варяг в греки".

С Днепра был возможен переход на другой торговый путь Восточной Руси – Волгу. Переход этот осуществлялся волоком с верховьев Днепра на верховья Волги и с Днепра на Угру (приток Оки) и по Оке – на Волгу. Верхняя Волга и Ока были основными транспортными магистралями Владимирского, Суздальского, Рязанского княжеств. А с расширением и

укреплением Московского государства в XVI в., завоеванием Казани в 1552 г. и Астрахани в 1556 г. Волга получает значение главного торгового пути и служит общеевропейской дорогой Восток – Запад, открывшей возможность торговли между странами Европы и Азии.

В 1553 г. в устье Северной Двины появились английские корабли, и, таким образом, был открыт новый морской путь на запад.

В XVI в. установились торговые связи Московского государства со странами Европы по новому водному пути через Северную Двину и ее притоки. Этот путь до начала XVIII в. проходил от г. Вологды по рекам Вологде, Сухоне и Северной Двине. В устье Северной Двины был создан крупный торговый центр и **морской порт Архангельск**. Грузы из Москвы до Вологды доставлялись по суше гужевым транспортом.

В конце XVI в. началось продвижение русских в Сибирь. Оно шло по рекам Урала с перетаскиванием судов в верховьях на р. Туру, приток Тобола, и далее по Тоболу, Иртышу, Оби. Этот путь проходил через города Верхатурье, Туринск, Тюмень, Тобольск, Сургут, Нарым и другие, имевшие тогда большое транспортное и торговое значение по доставке грузов в Сибирь и из Сибири.

История водных путей сообщения севера, северо-востока и северо-запада в XVI и XVII вв. была связана с объединением русских земель и превращением Москвы в политический, экономический и культурный центр.

Первыми средствами передвижения у наших предков – славян были примитивные суда, каркас которых делался из прутьев и обшивался корой деревьев, а в более поздние времена – шкурами зверей. Позднее, во время Киевской Руси, начали строить суда из крупных деревьев, выдалбливая и выжигая внутреннюю их часть; такие суда назывались "лодками-однодревками". В дальнейшем для увеличения грузоподъемности и плавучести на борту "однодревок" стали нашивать бортовые доски. Уже в XII в. существовали суда, на борту которых могло находиться 40 человек с оружием, пищей и одеждой.

К XV в., с рождением самостоятельных ремесел и развитием торговли и денежного хозяйства, внутренний водный транспорт начал расти быстрее, появляются суда больших размеров и разных типов: ладьи, струги, насады, ушкуи, паузки.

По течению суда двигались самосплавом, а против течения – при помощи бечевой тяги, весел или под парусами. К XVII в. на Волге уже плавали суда, поднимавшие до 800 т груза и до 200 человек команды. Для движения против течения в период весеннего паводка на специальных лодках "завознях" завозили вверх якорь с прикрепленным канатом, по которому рабочие подтягивали судно, или использовали специальное приспособление – ворот, затем якорь завозили снова и т. д.

В конце XVIII в. для движения судов против течения была изобретена коноводная машина, заменявшая труд людей; принцип ее работы заключался в том, что якорь с канатом также завозили на заводе, и канат вытягивали с помощью лошадей или волов, вращавших специальные приспособления, на которые наматывался канат, идущий к якорю. Было несколько предложений по усовершенствованию коноводных машин. Так, знаменитый русский механик-самоучка И. П. Кулибин предложил использовать течение реки для вращения бортовых колес (типа мельничных), наматывающих канат завезенного якоря на специальный вал. Это приспособление, названное водоходом Кулибина, не получило распространения, так как избыток рабочей силы и низкая заработная плата не понуждали судовладельцев механизировать труд.

Большое развитие внутренний водный транспорт получил в царствование Петра I. Были обеспечены экономические связи с районами Балтийского, Азовского и Черного морей. Это заставило совершенствовать водные пути и строить суда, отвечающие новым условиям. Ещё в 1696 году Петр I утвердил постройку канала Волга-Дон, хотя эта идея была реализована только через 250 лет.

Считается, что государственный флот России начал свое существование с парусника "Апостол Павел", построенного при Петре I в Архангельске в 1694 г. Петр I придавал исключительное значение созданию национального морского флота и непосредственно участвовал в строительстве кораблей.

С XVIII века судостроение в России стало развиваться достаточно интенсивно. Русский парусный флот начал служить не только внутренним целям, но и вышел на океанские просторы с целью торговли и географических открытий. В январе 1820 года русские мореплаватели под руководством Ф. Ф. Беллинсгаузена и М. П. Лазарева открыли шестой континент Земли – Антарктиду. Развитие морского судоходства способствовало сооружению портов. Самым старым в России считается Архангельский порт, основанный в XVI веке.

Выход к Балтийскому морю и перенос столицы из Москвы к берегам Финского залива потребовали улучшения водных путей от Волги до Балтики с таким расчетом, чтобы суда следовали без перевалки грузов в верховьях рек. В 1703–1709 гг. была сооружена Вышневолоцкая шлюзованная система, соединяющая Волгу с Невой через реки Тверцу, Цну, Мету, озеро Ильмень, реку Волхов и Ладожское озеро.

В 1810 г. было открыто движение судов по новой трассе Шексна – Ковжа – Вытегра. Эта система была названа Мариинской, а в 1811 г. по трассе Молога – Тихвинка началось движение по второй системе, названной Тихвинской. Эти две водные системы позволили пропускать суда значительно большей грузоподъемности.

В 1964 году было окончено строительство Волго-Балтийского водного пути, вместо устаревшей Мариинской водной системы, соединившего Балтийское и Белое моря с Волжским бассейном. Новый водный путь имеет всего 7 современных железобетонных шлюзов, оборудованных средствами автоматики и телемеханики (Мариинская водная система имела 38 малогабаритных деревянных шлюзов). Время прохождения судов по новому водному пути в 9 раз меньше по сравнению с Мариинской системой, а пропускная способность в 7 раз больше.

Развитие внутренней торговли потребовало создания новых водных путей сообщения.

В 1828 г. был сооружен Северо-Двинский водный путь, соединивший р. Шексну с р. Сухоной через Кубинское озеро, который сыграл большую роль в развитии экономики севера. Важное значение для освоения экономики западных районов Белоруссии и Полесья имел построенный в 1840 г. канал, соединивший реку Припять с Западным Бугом (приток реки Вислы).

Продолжались попытки использования паровых машин на водном транспорте. В 1786 году американец Фитч создал пароход, в котором паровая машина приводила в движение весла (рисунок 3.1). На следующий год он построил пароход "Персеверанс", приводившийся в движение гребным винтом. Пароход совершал рейсы между Филадельфией и Бурлингтоном, перевозя 30 пассажиров. В общей сложности этот пароход прошел около 1000 км. Однако изобретение пароходов обычно относят к началу XIX века, когда было налажено промышленное изготовление паровых машин Уатта.

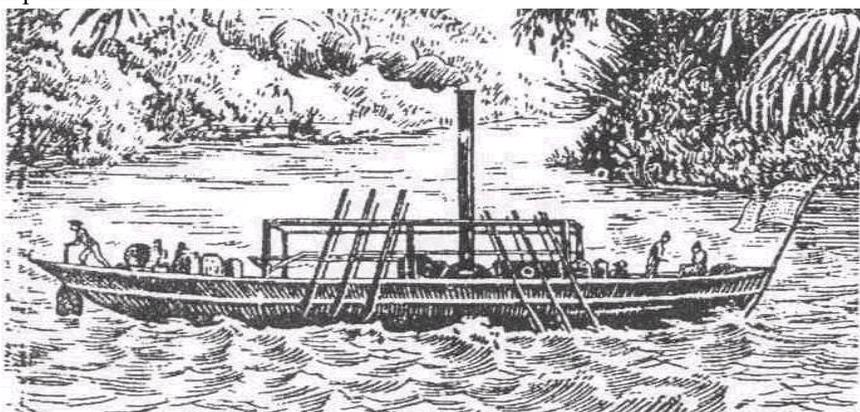


Рисунок 3.1 – Пароход Фитча

В 1807 году Фултон построил пароход "Клермонт", который открыл эру пароходства. Расстояние 225 км по реке Гудзон он преодолел против

течения за 30 ч со средней скоростью 7,5 км/ч. Пароход имел длину 43 м, водоизмещение 300 т и паровой двигатель мощностью 20 л. с.

Первый пароход в России "Елизавета" (рисунок 3.2) был построен в 1815 году Бердом – владельцем механического завода (впоследствии завод назывался "Адмиралтейский") в Петербурге. Корпус парохода представлял собой деревянную баржу длиной 18 м, шириной 4,6 м, с осадкой 0,6 м. В корпусе были установлены паровой котел и вертикальная паровая машина мощностью 4 л.с., приводившая в движение бортовые колеса с деревянными лопастями и позволяющая развивать скорость 8,75 км/ч.

Этот пароход первым в России работал на регулярной пассажирской линии Петербург – Кронштадт.

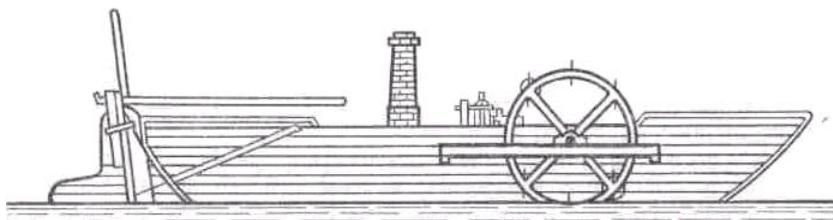


Рисунок 3.2 – Первый русский пароход "Елизавета", построенный в 1815 году

В то же время в 1816–1817 годах на Каме, на Пожевском железоделательном заводе были построены два буксирных парохода. Но интенсивное развитие парового судоходства началось в России позднее, в 1843 г., когда было основано первое пароходное общество «По Волге», заказавшее за границей более мощные суда (рисунок 3.3).

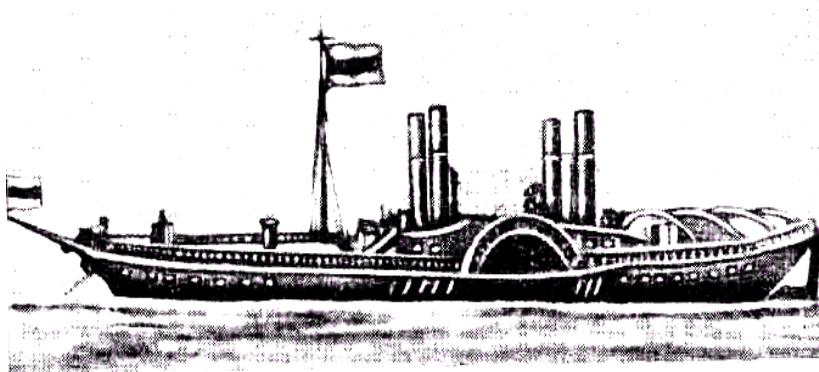


Рисунок 3.3 – Один из первых буксирных пароходов

Причиной задержки развития отечественного судостроения явилось то, что Берд получил монопольную привилегию на строительство судов, но развернул недостаточную деятельность, да и русские судоходные предприятия были еще слабы, чтобы перейти на новую техническую базу, а "бурацкий" способ был дешевле.

С пуском в эксплуатацию в 1846 г. мощных по тому времени судов, оказавшихся экономичными, началось быстрое развитие парового судоходства не только на Волге, но и на других реках.

Быстрое развитие во второй половине XIX в. капитализма в России наряду со стимулированием внутреннего водного транспорта способствовало и зарождению нового вида транспорта – железнодорожного. Там, где прокладывались железные дороги, особенно в районах небольших рек (Верхняя Ока, Мокша, Цна, Сыр-Дарья и даже Верхний Днепр), рост судоходства сдерживался из-за конкурентной борьбы с железными дорогами.

Кроме того, на улучшение судоходных условий на реках (на углубительный флот, обстановочные работы и др.) правительство выделяло ограниченные средства.

В конце XIX в. в связи с развитием добычи бакинской нефти и необходимостью ее транспортировки по Волге, ростом сельского хозяйства Поволжья и потребностью в перевозке зерна, муки, соли, лесных и других грузов речному транспорту стали уделять больше внимания.

В этот период был достигнут значительный технический прогресс в речном судостроении. Появились такие отечественные судостроительные заводы, как Сормовский, Коломенский, Ижорский, Пермский, заводы Нобеля и др. На отечественных заводах уже строились нефтеналивные баржи грузоподъемностью до 10 тыс. т, не имевшие себе равных в мировой практике, а также танкеры с паровыми силовыми установками.

Перевозка нефтегрузов наливом в судах впервые начала применяться и быстро внедряться в России, а затем в заграничной практике.

Темп роста перевозок нефти по Волге почти в 2 раза превышал темп роста их на железнодорожном транспорте. Уже в 1913 г. по Волге транспортировалось 5,3 млн т (в 1880 г. эти перевозки составляли только 500 тыс. т).

Выдающуюся роль в создании новых типов судов и силовых установок сыграл нижегородский талантливый конструктор и новатор В. И. Калашников. Под его руководством на Волге было реконструировано более 100 пароходов, построено свыше 50 новых судов и более 150 паровых котлов.

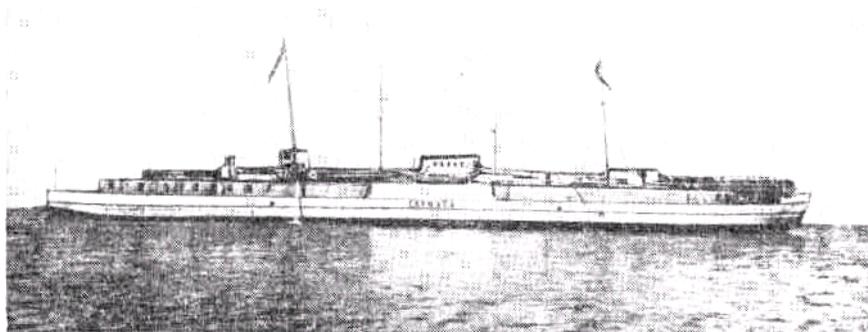
На Сормовском заводе впервые в мировой практике были построены наливные самоходные теплоходы «Вандал» (в 1903 г.) и «Сармат» (в 1904г.).

На «Вандале» были установлены отечественные двигатели с электропередачей на гребные валы, на «Сармате» (рисунок 3.4) двигатели на переднем ходе непосредственно вращали валы гребных винтов, при заднем ходе использовалась электропередача.

Появление теплоходов ознаменовало начало нового периода в развитии судостроения.

Несмотря на рост перевозок, во второй половине XIX в. речные пути находились в неудовлетворительном состоянии, дноуглубительные работы проводились примитивно и недостаточно организованно. На крупнейшей реке России – Волге, на Днепре, Северной Двине часто повторялись мелководья. Например, в 1897 г. на Волге положение было столь катастрофично, что уже в июле пришлось прекратить судоходство от Рыбинска до Твери и с большими трудностями продолжать его от Рыбинска до Нижнего Новгорода. Эти обстоятельства заставили

Рисунок 3.4 – Дизель-электроход "Сармат"



инженеров путей сообщения Н. С. Леяевского, В. М. Лохтина и В. Е. Тимонова изучить структуру речного потока, выявить его закономерности и разработать специальную систему выправления речного русла потоком воды.

Особенно много для улучшения судоходного состояния рек сделали инженеры В. Г. Клебер и Н. Н. Жуковский, которые впервые в мировой практике научно разработали систему предварительной подготовки перекатов к периоду мелководья (межени) углублением их при спаде половодья (в подготовительный период).

Для поддержания рек в нормальном судоходном состоянии правительством были приняты меры по борьбе с мелководьем. На

затруднительных перекатах дежурили вспомогательные пароходы, которые помогали караванам проходить трудные участки, обстановка фарватера была усилена указательными судоходными знаками, открыты обстановочные посты и др.

К 1914 г. на реках работало 112 дноуглубительных снарядов, которые в основном строили Боткинский завод на Каме, Сормовский – на Волге и Коломенский – на Оке.

Коломенские земснаряды уже тогда имели централизованное управление всеми лебедками, чего не было на снарядах других заводов.

Общая протяженность эксплуатируемых внутренних водных путей к тому времени равнялась 64,6 тыс. км (из имевшихся судоходных и сплавных рек протяженностью около 500 км), в том числе с навигационной обстановкой пути 39,9 тыс. км, а из них с освещаемой – 35,9 тыс. км.

Судоремонтные заводы и мастерские крупных судоходных компаний в большинстве были технически недостаточно оснащенными, полностью отсутствовали судоподъемные средства (доки, эллинги), подъем судов производился примитивными средствами, вручную.

Царская Россия почти не располагала портами и благоустроенными причалами для производства погрузочно-разгрузочных работ. Все выполнялось вручную, в исключительно тяжелых условиях труда, и весь речной транспорт укомплектовывался сезонной рабочей силой (рисунок 3.5).



Рисунок 3.5
–Разгрузка леса (балансов) в порту

В 1914 году в составе Русского морского флота числилось 3700 судов, но из них только 30 % были паровыми, а 70 % – парусники.

Страны СНГ обладают огромным природным богатством – более 100 тысяч рек общей протяженностью примерно 2,5 млн км и свыше 2,5 тысяч крупных озер. На суммарной длине 500 тыс. км реки пригодны для судоходства и сплава леса.

Реки как самые древние пути сообщения сыграли выдающуюся роль в формировании и развитии Российского государства. Из глубины веков пришла поговорка: "реки – большие дороги". По рекам уже в начале IX века осуществлялась связь между Новгородской Русью и Киевом. При этом в местах водораздела суда приходилось тянуть на десятки километров волоком по суше.

Веками речные суда России двигались на веслах, под парусами, с помощью бурлаков или на конной тяге. Однако лишь с созданием в 1845 году Сормовского завода в Нижнем Новгороде речное судостроение было поставлено на солидную основу.

Вслед за Невой, Камой и Волгой пароходные сообщения были открыты на Днепре (1823 год), Северной Двине (1825 год), Оке (1826 год), Иртыше (1838 год), Ангаре и Байкале (1843 год) и др. К 1868 г. на реках России уже плавало 646 пароходов.

Характеристика современных самых больших кораблей приведена в таблице 3.1.

Т а б л и ц а 3.1 – Самые большие корабли (по данным Книги рекордов Гиннеса)

Тип и название судна	Параметры	Время и место постройки
Пассажирский лайнер "Норвегия" (первоначальное название "Франция", переименован в 1979 г.)	Длина 315,66 м, водоизмещение 70202,19 английских тонн, 2400 пассажиров	1961 год
Авианосцы класса "Нимитц"	Длина 322,9 м, площадь взлетной палубы 1,82 га, 4 ядерных турбины	США ("Авраам Линкольн", 3.11.84, Ньюпорт Ньюс)
Военный линейный корабль "Нью-Джерси"	Длина 270,6 м, водоизмещение 58 000 т	–
Подводная лодка класса "Тайфун"	Длина 170 м, водоизмещение 25000 т (по оценке экспертов НАТО)	1980 г., военная верфь в Северодвинске
Танкер "Сиуайз Джэйнт" (самое большое судно в мире среди судов всех классов)	Длина 458,45 м, ширина 68,86 м, осадка 24,61 м	1976 год
Буксир "Смит Сингапур"	Длина – 75,2 м, ширина – 15,68 м, максимальная сила тяги – 189 т, мощность – 22000 л. с.	Апрель 1984 года

3.2 Виды и основные средства водного транспорта

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.

3.3 Судоходные пути

3.3.1 Общие положения

Под судоходным путем принято понимать водный путь, по которому возможны безопасное движение судов и судовых составов и буксировка плотов в обоих направлениях.

Судоходные водные пути подразделяются на естественные и искусственные, на пути с гарантированным габаритами и без них, на пути с освещаемой и неосвещаемой обстановкой.

Под термином "морской путь" понимают водное пространство морей и океанов, включая естественные проливы и искусственные каналы. Особенность морских путей в том, что они не требуют предварительных работ по их сооружению и поддержанию в эксплуатационном состоянии. Однако это не относится к каналам и акваториям портов.

Для судоходства пригодно не все водное пространство реки, озера или водохранилища. Это объясняется наличием мелей и других навигационных опасностей, препятствующих плаванию судов. Для безопасного плавания необходимо, чтобы глубина T на используемой для судоходства части пространства водного пути была больше осадки плавающих судов, а ширина B – достаточной для маневрирования судов и составов. Радиусы поворотов R должны, быть не менее тройной длины наибольшего состава, плавающего по данному пути, чтобы суда в местах поворота не выходили за пределы ширины B .

Часть пространства водного пути, предназначенная для движения судов, глубина на которой не меньше T , ширина не меньше B и радиусы поворотов не меньше R , называется **судовым ходом**.

Величины T , B и R называются габаритами судового хода или габаритами пути.

В тех местах, где водный путь пересекают мосты и линии электропередачи, для движения судов требуется и определенное пространство над уровнем воды. Его высота H также может быть отнесена к габаритам пути.

Интересам судоходства наиболее отвечают водные пути с *гарантированными габаритами*. К ним относятся пути, на которых *T, B* и *R* гарантированы в течение всей навигации за счет систематического проведения дноуглубительных и других путевых работ (выправительных и дноочистительных). Гарантия дается при условии, что уровни воды на данном участке пути не ниже некоторого проектного уровня, под которым понимается довольно низкий уровень воды, с обеспеченностью за многолетний период 90–99 %.

Положение судового хода на водной поверхности обозначают береговыми и плавучими навигационными знаками. Комплекс береговых и плавучих навигационных знаков, указывающий судоводителям положение судового хода, называется *навигационным оборудованием водного пути*.

Береговые знаки устанавливаются на берегах рек, водохранилищ и озер, плавучие устанавливаются на воде и удерживаются на нужном (штатном) месте с помощью якорей.

Схематизированная эксплуатационная характеристика судоходного пути приведена на рисунке 3.6.

Для обеспечения безопасного плавания и правильной эксплуатации судоходных путей по каждому из них должны быть составлены и по мере изменения судовых ходов корректироваться и переиздаваться:

- лоцманская карта с нанесенным на нее судовым ходом и лоция, содержащая описание особенностей судоходства на данном водном пути;
- маршрутник, содержащий перечень всех характерных пунктов, расположенных в пределах судоходного участка (населенные пункты, перекаты, пороги, острова, воложки, убежища и т. п.) с указанием расстояния между этими пунктами по судовому ходу;
- атлас волнения на судоходных трассах и акваториях водохранилищ и озер в зависимости от направления и силы ветра.

Каждое самоходное судно, плавающее по данному водному пути, должно иметь все указанные документы.

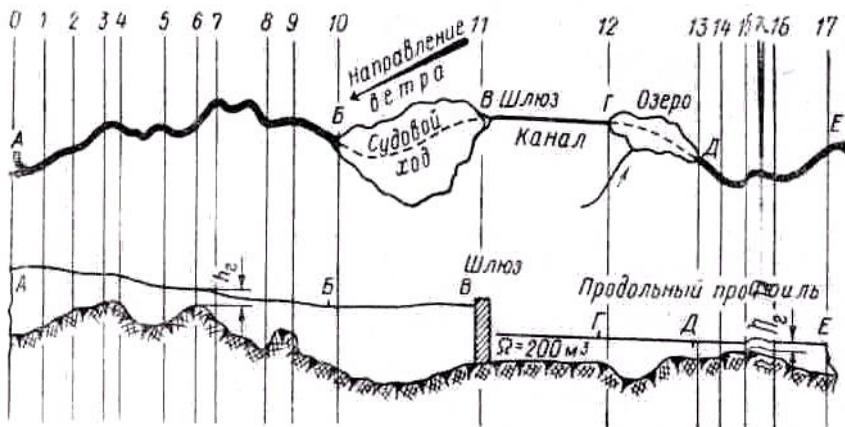


Рисунок 3.6 – Схематизированная эксплуатационная характеристика судоходного пути: 1–17 – номера сечений, для которых в специальной таблице приводятся такие данные, как: средняя гидрометрическая скорость течения, км/ч; средний уклон водной поверхности; глубина, м; протяженность участка, км; сроки начала и конца навигации; длительность физической навигации, сут.; волновой режим (высота волны, м и обеспеченность волны, %)

Основными эксплуатационными характеристиками судоходного пути являются:

- сроки и длительность физической навигации;
- габариты судового хода;
- средние гидрометрические скорости течения;
- ветроволновой режим водохранилищ и озер;
- пропускная способность пути.

Период времени, в течение которого осуществляется движение судов, называется **навигацией**.

Длительность физической навигации на рассматриваемом судоходном участке охватывает период с момента очищения реки ото льда весной до момента появления ледостава осенью. Эта длительность навигации различна по отдельным судоходным участкам водного пути и значительно колеблется по годам. Поэтому длительность физической навигации устанавливается по каждому характерному судоходному участку: озеро, водохранилище, канал и свободный участок реки.

3.3.2 Навигационным оборудованием водного пути

Судоходная обстановка предназначена для обеспечения на внутренних водных путях безопасного и беспрепятственного плавания судов, судовых и плотовых составов. Знаки судоходной обстановки бывают береговые и плавучие. Они указывают направление, границы и габариты судового хода, границы акваторий портов, пристаней и рейдов, места свальных течений, начало и конец однопутных участков и возможность движения по ним в том или ином направлении, судоходные пролеты мостов, подводные и надводные переходы и места, где суда должны подавать сигналы. Специальными знаками судоходной обстановки регулируется движение судов, судовых и плотовых составов через судопропускные сооружения.

Судоходная обстановка – совокупность разных береговых и плавучих знаков навигационного ограждения судовых ходов, предназначенных для обеспечения безопасного, бесперебойного плавания по внутренним водным путям судов, судовых и плотовых составов.

Знаки навигационного ограждения служат:

- для указания направления судового хода и ограждения его кромок;
- указания судоходных пролетов мостов;

- ограждения отдельных подводных препятствий и различных сооружений на водных путях;
- ограждения подходов к судопропускным сооружениям, к пристаням и затонам;
- регулирования движения в узкостях;
- информации судоводителей о габаритах пути.

В зависимости от требований *судоходства обстановка* может быть различной, и по характеру действия она подразделяется на **освещаемую, све-**

тоотражающую и неосвещаемую.

Положение судового хода на водной поверхности обозначают береговыми и плавучими навигационными знаками. Комплекс береговых и плавучих навигационных знаков, указывающий судоводителям положение судового хода, называется *навигационным оборудованием водного пути*.

Береговые знаки устанавливаются на берегах рек, водохранилищ и озер, плавучие устанавливаются на воде и удерживаются на нужном (штатном) месте с помощью якорей.

Применяют две группы береговых знаков:

к первой из них относятся береговые знаки, обозначающие положение судового хода;

ко второй – информационные знаки, необходимые для информации судоводителей об особенностях водного пути (например, об одностороннем движении судов на данном участке, об ограничении скорости хода и др.).

Береговые знаки надежны, поэтому их в составе навигационного оборудования принято считать основными. Плавучие знаки менее надежны (могут быть повреждены судами и плотами или снесены с мест установки плавающими льдинами, остатками растительности и отдельными деревьями, которыми засоряется поверхность реки в половодье и при прохождении паводковых вод), поэтому их считают вспомогательными.

Обычно навигационное оборудование водного пути состоит из береговых и плавучих знаков, причем соотношение между количеством тех и других зависит от конкретных местных условий.

Для того чтобы навигационные знаки были видны днем, они имеют сигнальные щиты или объемные фигуры определенной формы и окраски.

На водных путях, где суда плавают не только днем, но и ночью, на знаках зажигают сигнальные огни. Такие знаки называют **светящими**. Каждому типу знака присвоен определенный цвет сигнального огня и характер (режим) горения, определяющий последовательность и длительность его вспышек и затемнений. Применяют также знаки **со световозвращающим покрытием** (СВП), они хорошо видны ночью при

освещении их судовым прожектором. Схема их наблюдения с помощью прожектора приведена на рисунке 3.7.

Форма, размеры и окраска сигнальных щитов, цвет и характер сигнальных огней едины для всех водных путей стран СНГ. Они определяются государственным стандартом (ГОСТ 26600–85 "Знаки и огни навигационные внутренних водных путей. Общие технические условия").

Насыщенность пути навигационными знаками зависит от интенсивности перевозок. Чем больше объем перевозок, тем обычно больше на данном участке пути навигационных знаков.

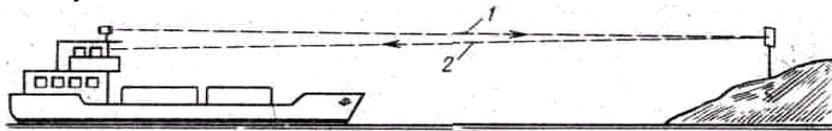


Рисунок 3.7 – Наблюдение знаков с помощью прожектора: 1 — пучок света прожектора, падающий на поверхность знака 2 — пучок света, возвращаемый (отражаемый) к судоводителю

Инструкция по содержанию навигационного оборудования предусматривает деление водных путей в зависимости от интенсивности перевозок на следующие группы:

- I группа – пути с интенсивным судоходством или сплавом леса в плотках, по которым ежесуточно в обоих направлениях проходят 30 и более судовых или пять и более плотовых составов. На путях этой группы устанавливают светящиеся навигационные знаки наиболее надежных конструкций;
- II группа – пути, по которым в сутки в обоих направлениях проходят до 30 судовых или до пяти плотовых составов. Навигационные знаки на этих путях светящиеся;

III группа – пути, по которым в сутки в обоих направлениях проходит до пяти судовых составов, а также пути, по которым осуществляется нерегулярный сплав леса в плотках. Устанавливаемые здесь знаки также светящиеся;

- IV группа – пути, где интенсивность перевозок невелика, но в ночное время регулярно проходит 1–2 судна. Навигационные знаки на этих путях оборудованы световозвращающими покрытиями;
- V группа – пути, где судоходство ограничивается единицами проходящих в дневное время судов. Навигационные знаки – несветящиеся.

Из приведенного деления видно, что пути I–IV групп предназначены для круглосуточного движения флота, так как на них обеспечивается и дневная, и ночная видимость навигационных знаков. Пути V группы предназначены

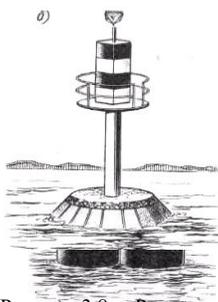


Рисунок 3.8 – Русловые маяки на свайном (а) и на грунтовом (б) основаниях

для движения флота только в светлое время суток.

В последние годы в открытой части водохранилищ Единой глубоководной системы европейской части СНГ все большее распространение находят так называемые *русловые маяки* (рисунок 3.8). Основание таких маяков – каменная наброска, насыпной грунт, а также сваи из железобетона или стальных труб большого диаметра.

В сочетании с береговыми знаками русловые маяки дают возможность создать на водохранилищах непрерывную цепь знаков и огней для плавания судов.

На семафорных мачтах вывешивают два типа фигур – треугольного и прямоугольного силуэта. Первый тип фигур имеет вид конуса, второй – цилиндра. Ночью конусу соответствует красный постоянный огонь, цилиндру – зеленый постоянный огонь.

При этом на мачте обязательно должны быть вывешены одна под другой две фигуры. Если вверху вывешен цилиндр, а под ним конус, то это означает, что ход открыт для судов, идущих сверху. Ночью в данном случае вывешивают два фонаря: верхний – с зеленым постоянным огнем, нижний – с красным постоянным огнем.

Если ход открыт для судов, идущих снизу, фигуры меняются местами (внизу цилиндр или зеленый постоянный огонь, а вверху конус или красный постоянный огонь).

Когда движение судов по участку запрещено, на семафорной мачте вывешивают один под другим два конуса, ночью – два красных постоянных огня.

На сигнальных мачтах вывешивают несколько типов фигур. Для обозначения глубин служат прямоугольная фигура, большой и малый шары. Прямоугольная фигура состоит из двух соединенных крестообразно (ребром) прямоугольных щитов. Она окрашивается в черный или белый цвет в зависимости от фона. Шары состоят из двух соединенных крестообразно дисков. Большой шар окрашивают в красный цвет, малый – в черный или белый цвет в зависимости от фона.

Прямоугольная фигура обозначает глубину 100 см, большой шар – 20 см, малый шар – 5 см.

Если глубина превышает в 1,25 раза наибольшую осадку плавающих по данному участку судов, то вместо перечисленных фигур на мачте вывешивают одну крестообразную фигуру черного или белого цвета.

Для указания ширины судового хода служат ромбовидная фигура и те же большой и малый шары. Ромбовидная фигура состоит из двух щитов, имеющих форму ромба, соединенных крестообразно по большой диагонали. Она окрашивается в черный или белый цвет и обозначает ширину 50 м. Большой шар обозначает ширину 20 м, а малый – 5 м.

На плавучие знаки всех типов и типоразмеров разработана подробная техническая документация.

Плавучие знаки, сделанные из дерева, принято называть *бакенами*, а изготовленные из металла или пластмассы – *буями*. Это деление является условным и употребляется по традиции.

Конструкция надстроек бакенов показана на рисунке 3.9.

Надстройку треугольного силуэта делают в виде пирамиды: три бруска прикрепляют наклонно к штырю (головке) бакена, вторые их концы разводятся в стороны, образуя ребра пирамиды. Бруски с трех сторон обшивают рейками с небольшими (1,5–2 см) просветами между ними. Для размещения электрических источников питания внутри пирамиды устраивают полку, а в обшивке одной из сторон делают дверку. Светосигнальный прибор надевают на штырь бакена.

Круглая силуэтная фигура образуется из двух решетчатых дисков, соединенных крест-накрест. Диски собирают из реек и прибивают к стойке, верхний конец которой является штырем бакена.

Просветы между рейками 1,5–2 см. Для прочности бакена от его вершины к углам плотика делают проволочные растяжки.

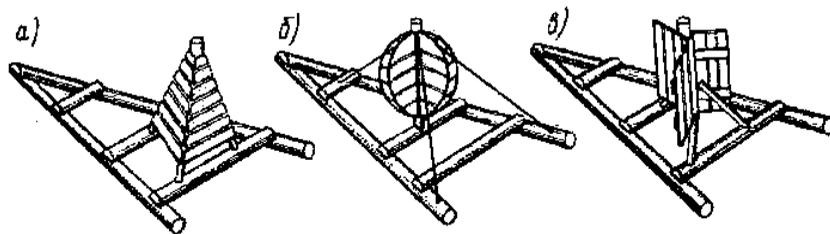


Рисунок 3.9 – Надстройки бакенов: а—треугольная; б—круглая; в—прямоугольная

На водохранилищах и озерах в подавляющем большинстве случаев в качестве плавучих знаков используют металлические

буи (рисунок 3.10). Они имеют ту же конструкцию, что и речные металлические буи.

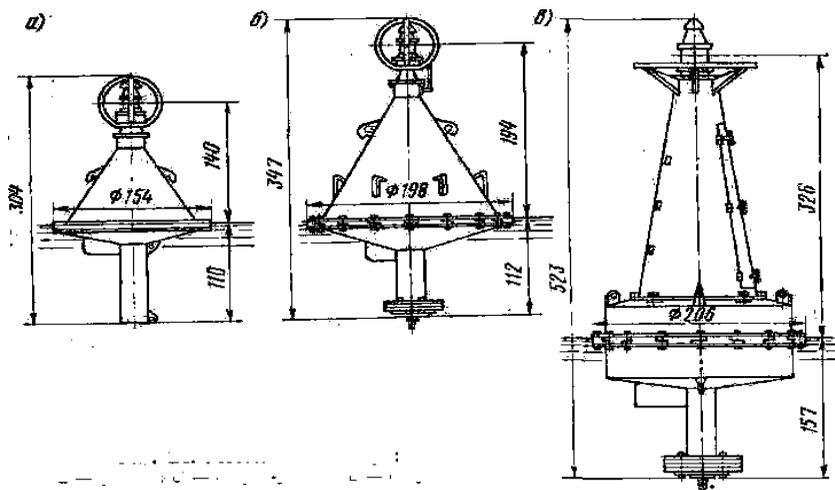
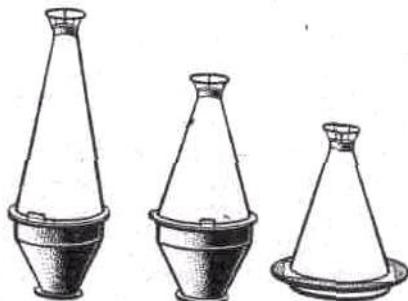


Рисунок 3.10 – Металлические буи: а – речной, б – озерно-речной, в – озерный

Надстройка у буя 5-го типоразмера герметична, у буя 6-го типоразмера негерметична. Буй 5-го типоразмера имеет массу 430 кг, период собственных колебаний у него 3,5 с, метацентрическая высота 0,22 м. Буй 6-го типоразмера имеет массу 770 кг, период собственных колебаний 5,8 с и метацентрическую высоту 0,27 м. Углы качки на волне у обоих буюв невелики, что является их положительным качеством.

Масса якоря для буя 5-го типоразмера должна составлять 200 кг, калибр якорной цепи 13 мм. Масса якоря буя 6-го типоразмера должна быть около 300 кг, а калибр якорной цепи – 17 мм.

Обслуживание металлических плавучих знаков требует больших затрат физического труда при транспортировке и постановке на штатные места. Значительно облегчить эти работы можно, применив вместо металлических буюв композитные металлопластмассовые буи. Их внешний вид показан на рисунке 3.11. Они имеют надстройку из стеклопластика, а плавучее основание металлическое, заполненное для



непотопляемости пенополистиролом.

Композитный буй 5-го типоразмера весит 320 кг (на 100 кг меньше, чем металлический), период его собственных колебаний составляет 4,0 с, метацентрическая высота равна 0,32 м.

Для его удержания на месте постановки достаточно иметь массу 120 кг. Калибр якорной цепи 11 мм.

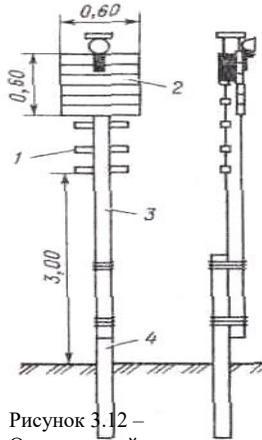
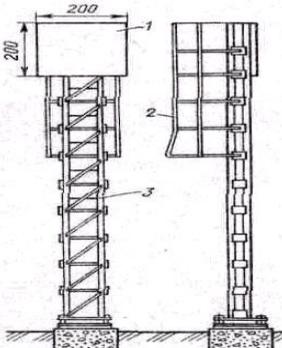


Рисунок 3.12 –
Одноопорный знак

Место поворота судового хода обозначается поворотными бакенами или буями, которым также присвоены определенная окраска и огни. Плавающие вежи применяют в качестве самостоятельного обстановочного знака, главным образом на водных путях с неосвещаемой обстановкой. Кроме того, их ставят в качестве контрольного знака у каждого бакена и буя. Верхняя часть вежи окрашивается красным или белым цветом в зависимости от кромки судового хода, на которой они стоят. К верхнему концу вежи правой кромки прикрепляется надставка шарообразной или конусной формы, раструбом вверх.

Одноопорный деревянный знак со щитом малого размера показан на рисунке 3.12. Он состоит из вкопанного в землю опорного столба 3, и сигнального щита 2. Высота столба над землей 3—8 м, он укрепляется тремя подкосами или же присоединяется к железобетонной приставке 4 ("пасынку"). Сигнальный щит из досок толщиной 2 см прибивают гвоздями к верхней подтесанной части столба.

Для подъема на знак к столбу на высоте 2—3 м от земли крепят стремянку или ручки 1. Их врезают в столб шпоночным замком. Концы ручиц для удобства захвата руками обтесывают. На участках, где знаки часто повреждают посторонние лица, стремянки и ручки не делают, а для подъема на знак используют монтерские захваты.



Конструкция типового одноопорного металлического знака изображена на рисунке 3.13. Несущая конструкция одноопорных знаков представляет собой вертикальный решетчатый ствол 3

прямоугольного сече-

Рисунок 3.13 – Знак металлический одноопорный

ния, изготовляемый из равнобокой уголковой стали. Ствол устанавливают на закладную металлическую деталь железобетонного фундамента и прикрепляют к нему четырьмя болтами.

По одной (широкой) грани ствола приваривают лестницу с ограждением 2 для подъема на знак, изготовляемую из металлического прутка. В верхней части ствола с помощью болтов укрепляют деревянный сигнальный щит 1 и размещают светосигнальное оборудование.

Конструкции знаков разной высоты собирают из унифицированных секций на болтах или при помощи сварки.

Типовой металлический знак с вантовыми оттяжками показан на рисунке 3.14. Ствол 5 знака с вантовыми оттяжками 3 опирается на пространственный шарнир 6, установленный на фундаменте, который воспринимает возникающий при ветровой нагрузке крутящий момент. Сигнальный щит 2 состоит из двух половин, укрепляемых на горизон-

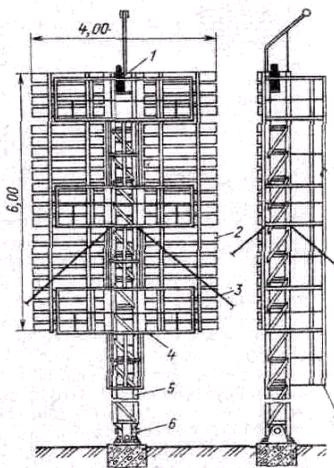


Рисунок 3.14 – Типовой металлический знак с вантовыми оттяжками

тальных фермах слева и справа от ствола. Каждая половина щита состоит из деревянной обшивки, прикрепленной болтами к двум вертикальным балкам. Горизонтальные фермы одновременно служат площадками 4 для ремонта и окраски щита. Щиты высотой 8 м имеют четыре фермы-площадки, а высотой 6 м – три. Подъем обслуживающего персонала на площадки знаков со стволом сечением 0,5x0,5 м происходит по стволу знака. В качестве ступеней лестницы служат поперечные элементы основной конструкции и дополнительные прутки диаметром 16 мм. Лестницы имеют надспинное ограждение 7.

На знаках со стволом сечением 0,8x0,8 м устанавливают специальные лестницы с переходными площадками внутри ствола. Площадки имеют перильное ограждение и деревянный настил.

Знаки высотой 20 м и выше имеют молниеотвод, к стойке которого шарнирно прикреплена консоль с роликом для подъема светосигнальной аппаратуры на верх знака. Фундаменты и анкерные плиты делают из монолитного или сборного железобетона, а также на сваях. Они унифицированы по габаритным размерам и пригодны как для одноопорных, так и для вантовых знаков.

Для участков рек с подвижным руслом перспективно применение разборных, легко переставляемых знаков из пластмассы.

Эксплуатационные испытания опытных образцов таких знаков были проведены в Северном и Волжском бассейновых управлениях пути. На рисунке 3.15 приведен один из таких знаков. Он состоит из опоры, выполненной из двух стеклопластиковых труб диаметром 300 мм и толщиной 2–3 мм, и сигнального щита, усиленного для жесткости гофрами. В верхней части щита встроены отсек с крышкой для размещения источников питания. Масса знака не превышает 20–25 кг, и он может легко транспортироваться и устанавливаться одним человеком.

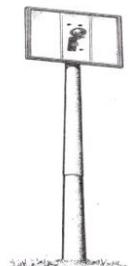


Рисунок 3.15 – Пластмассовый береговой знак облегченной

3.3.3 Способы обслуживания навигационного оборудования

Бригадный способ является основным способом, его применяют почти на всем протяжении водных путей I, II и III групп (со светящимися навигационными знаками), а также на значительном протяжении путей IV и V групп (со светоотражающими и несветящимися знаками).

При бригадном способе обслуживания на каждом обстановочном участке работает бригада, которая имеет в своем распоряжении самоходное судно. Для этих целей с 1970 г. начато строительство специализированных теплоходов проекта № 391А (рисунок 3.16). К его достоинствам следует отнести наличие на судне кормовой балки с гидроприводом. В носовой части оборудована площадка для обслуживания плавучих знаков, в палубе по бортам сделаны ниши для удобства в работе по обслуживанию биев и бакенов. Теплоход снабжен эхолотом ЭПО-10 и УКВ радиостанцией.

Эти суда получили широкое распространение на реках, ими постепенно заменяют теплоходы проектов № Т-101Б и 457.



Рисунок 3.16 – Теплоход (помощник капитана-механика) судна. При

круглосуточной двух- или трехсменной работе в состав бригады входят еще один-два вахтенных начальника, они являются сменными мастерами пути и также совмещают обязанности капитана-дублера и помощника механика (механика). Кроме них, в бригаду входят два-три монтера и два-три путевых рабочих. Первые одновременно

являются рулевыми-мотористами, вторые – матросами. В составе бригады обычно имеется также повар. Всего бригада состоит из 7–10 чел.

Мастер пути подчиняется прорабу путевых работ, является материально-ответственным лицом и несет полную ответственность за исправное действие навигационного оборудования на своем участке. Сменные мастера пути несут ответственность за исправное действие этого оборудования во время своей вахты.

Постовой способ имеет ограниченное применение. В основном применяется на водных путях с развитыми перевозками леса в плотках, при наличии сложных перекатов с большим количеством плавучих знаков, где необходим непрерывный контроль за их исправным действием.

При постовом способе обслуживания обстановочный участок возглавляется мастером пути и разделяется на обстановочные посты, которыми руководят бригадиры или старшие постовые рабочие.

В состав поста входят еще один-два монтера-моториста и два-три постовых рабочих-моториста, всего 2–6 чел. Обстановочные посты оснащаются катерами или моторными лодками.

Мастер пути контролирует работу обстановочных постов, обеспечивает их материалами и инвентарем. При выставлении и уборке знаков, при устранении повреждений и проведении сплошного траления он организует коллективную работу постов и оказание взаимной помощи одного поста другому.

В своей работе мастер пути подчиняется прорабу путевых работ. В его распоряжение выделяется катер или моторная лодка. Он является материально-ответственным лицом и отвечает за своевременное и качественное выполнение работ на обстановочном участке.

Бригадно-постовой способ применяется, когда на обстановочном участке, обслуживаемом бригадой, имеются отдельные затруднительные для прохода судов перекаты, на которых часто повреждают плавучие знаки и требуется их немедленное восстановление, или имеются перекаты, где происходит интенсивное переформирование русла. На таких перекатах содержат обстановочные посты. В своей работе они подчинены мастеру пути, возглавляющему обстановочную бригаду.

Кроме перечисленных, имеются и другие способы организации обслуживания. Одним из них является **патрульный**, при котором за

бригадой закрепляется два судна – одно тихоходное (базовое), второе – быстроходное (патрульное). Базовое судно проводит перестановку знаков, обеспечивает их ремонт и ведет другие крупные работы. Патрульное судно проверяет качество действия сигнальных огней, правильность расстановки плавучих знаков, проводит смену источников питания и мелкий ремонт.

При патрульном способе протяженность участка бригады увеличивается в 2 раза и более.

Работа обстановочных бригад и постов организуется по сменам или вахтам в соответствии с графиком, утвержденным прорабом путевых работ. Графиком определяется состав вахт, начало и конец работы каждой вахты. График работы бригады составляется в соответствии с Положением о рабочем времени и времени отдыха плавсостава судов речного флота.

Частота объездов обслуживаемого участка определяется с расчетом обеспечения исправного состояния навигационного оборудования. На речных путях I и II групп (со светящими знаками) объезд участка, как правило, проводят дважды в течение суток – в темное и светлое время. На остальных реках объезд бригадой участка проводят раз в 2–3 дня. На озерах и водохранилищах объезд участка ведут раз в 2–7 дней.

Бесперебойному и качественному действию знаков и огней способствует рациональный график объезда обслуживаемого участка пути. При бригадном и бригадно-постовом способах он должен быть построен так, чтобы работы по ремонту и перестановке знаков и смене источников питания проводились, как правило, в светлое время суток. Это удобно делать при движении теплохода вверх по течению. Тогда меньшее время затрагивается на маневры и подходы к знакам. В ночное время должны проводиться проверка горения огней и правильности ориентирования светосигнальных приборов направленного действия.

3.3.4 Гарантированные габариты пути и методы их поддержания

Важнейшая качественная характеристика внутренних водных путей – гарантированные габариты судовых ходов, которыми являются: глубина, ширина и радиус закругления. Габариты судовых ходов гарантируются на всех внутренних водных путях, где объем перевозок оправдывает путевые работы по их поддержанию или где судовой ход в естественном состоянии пригоден для плавающих на данном участке судов.

Подсчитываются Для большинства водных путей в зависимости от интенсивности движения транспортного флота многолетняя навигационная обеспеченность проектных уровней воды принимается в пределах 80–99 %. На реках, эксплуатируемых лишь в период половодья, обеспеченность проектного уровня воды бывает значительно меньше.

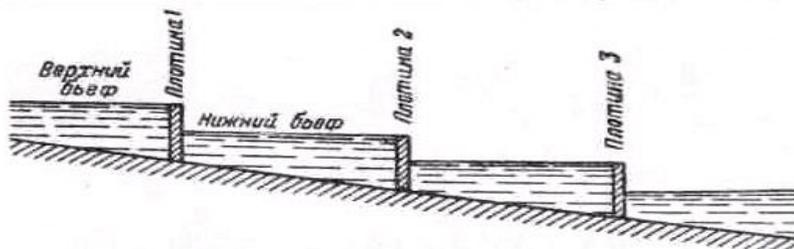
Оптимальное значение гарантированной глубины устанавливается на основании технико-экономических расчетов. Намечается несколько вариантов гарантированных глубин, и для каждого эксплуатационные расходы и капиталовложение по транспортному флоту и путевому хозяйству.

Эксплуатационные расходы по транспортному флоту определяют как произведение себестоимости на расчетный объем перевозок; капиталовложения – как произведение удельных капиталовложений на транспортный флот, приходящихся на один тонно-километр работы флота, на объем перевозок.

Эксплуатационные расходы по путевому хозяйству исчисляют исходя из объема путевых работ, необходимых для обеспечения заданной гарантированной глубины, и себестоимости единицы объема; капиталовложения – как сумму стоимости технического флота, потребного для выполнения путевых работ, и стоимости выправительных сооружений, которые необходимо построить для того, чтобы обеспечить заданную гарантированную глубину.

Капиталовложения по транспортному флоту и путевому хозяйству приводят к эксплуатационным расходам, умножая их на коэффициент эффективности. Затем строят кривую зависимости приведенных затрат по транспортному флоту и путевому хозяйству от глубины, а также кривую суммарных приведенных затрат.

Шлюзование рек – одно из наиболее радикальных мероприятий по увеличению судоходных глубин, требующее, однако, постройки плотин, которые и создают подпор (подъем) воды на вышележащем участке. Подпор распространяется тем дальше по реке, чем меньше ее уклон. Для сплошного увеличения глубины реки на ней сооружают плотины. Их высота и место расположения подбираются так, чтобы подпор от нижележащей плотины распространился до вышележащей, и глубины непосредственно ниже каждой плотины соответствовали заданным. При этом река разбивается на ряд участков (рисунок 3.17), называемых бьефами.



Суда из одного бьефа в другой переходят при помощи камерного шлюза.

В России первые камерные шлюзы были построены в 1704 г. на Вышневолоцкой водной системе.

Основными элементами камерного судоходного шлюза (рисунок 3.18) являются: камера шлюза; головы шлюза, сопрягающие камеру с верхним и

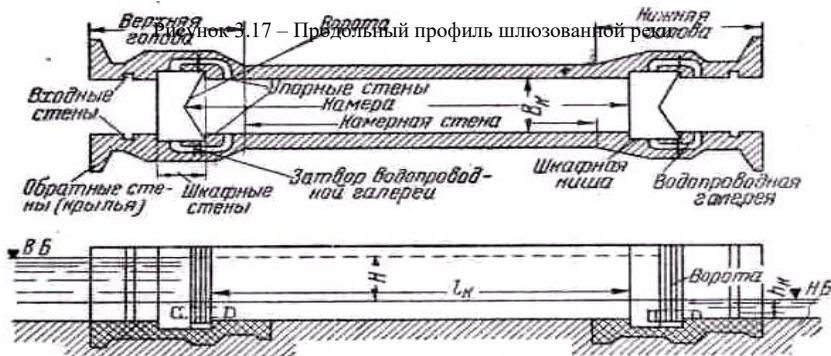


Рисунок 3.18 – Схема судоходного шлюза

нижним бьефами; ворота, открывающиеся при выравненных бьефах; водопроводные устройства (отверстия или галереи) с соответствующими затворами для наполнения или опорожнения камеры; подходы к шлюзу с расположенными на них дамбами.

Порядок шлюзования судна из верхнего бьефа в нижний следующий: при обоих закрытых воротах горизонт воды в камере выравнивается с помощью водопроводных галерей с горизонтом верхнего бьефа, после чего верхние ворота открываются и суда входят в камеру. Затем закрываются верхние ворота и затворы верхних водопроводных галерей, после чего открываются затворы нижних водопроводных галерей. После выравнивания горизонта воды в камере с горизонтом воды в нижнем бьефе могут быть открыты нижние ворота и судно выведено из камеры в нижний бьеф.

В том случае, когда несколько шлюзовании подряд производится в одном направлении, т. е. сверху вниз или снизу вверх, шлюзование называется односторонним; если же шлюзование происходит попеременно то вверх, то вниз, оно называется встречным.

Размеры камеры шлюза определяются размерами и числом одновременно шлюзуемых судов, на которые рассчитывается шлюз. Шлюзы могут быть рассчитаны на пропуск одного судна максимальных размеров с буксиром или без него и на пропуск целого каравана судов. При этом

расстояния между судами и между судами и габаритами шлюза принимаются по длине от 2 до 5 м, а по ширине – от 0,2 до 0,1 м.

Разность между уровнями воды в нижнем и верхнем бьефах, называемая *напором*, может быть различной колеблется для существующих сооружений в больших пределах, что оказывает большое влияние на конструкцию шлюзов.

При значительных напорах, в целях уменьшения размера и веса нижних ворот, сооружаются шлюзы, имеющие несколько последовательно расположенных камер. Такие шлюзы называются многокамерными. Общий напор в многокамерном шлюзе делится между всеми камерами поровну.

Для увеличения пропускной способности водного пути на шлюзуемом участке устраиваются две или три нити параллельно располагаемых шлюзов. В этом случае получают парные шлюзы.

На рисунке 3.19 показан внешний вид Городецкого шлюза, состоящего из двух пар однокамерных шлюзов, разделенных межшлюзовым бьефом, который пропускает за навигацию около 28 тысяч судов.

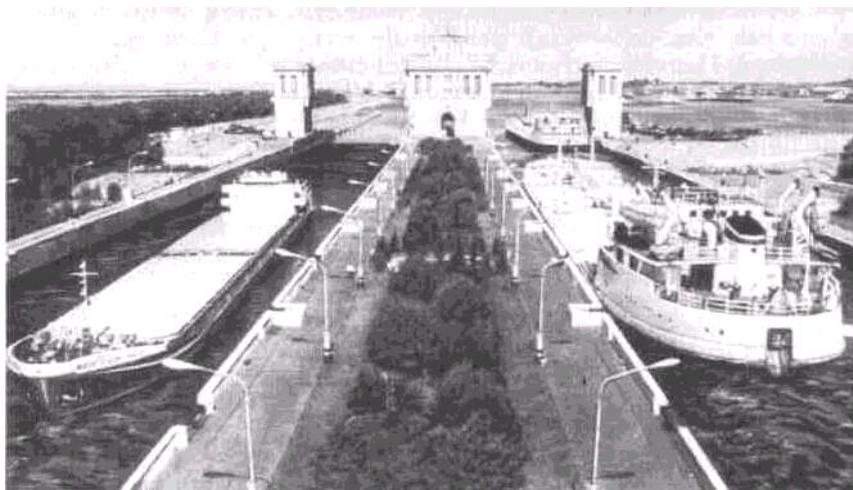


Рисунок 3.19 – Городецкий шлюз

Оборудование шлюзов состоит из приспособлений для ввода и вывода судов, их швартовки, а также устройств сигнализации и управления механизмами.

Для швартовки устраиваются: *тумбы*, *рымы* (кольца, крюки), располагаемые на стенках камеры несколькими горизонтальными рядами, на уровне горизонтов верхнего и нижнего бьефов. Чтобы ослабить удары о стенки и предохранить суда от повреждений при швартовке и шлюзовании, устраиваются *отбойные брусья*. Кроме шлюзов, для перевода судов из одного бьефа в другой могут служить *судоподъемники*, которые

используются также и для подъема и спуска судов в процессе ремонта или постройки; судоподъемники различают *вертикальные* и *наклонные*.

Для эксплуатационных целей на водных путях применяются главным образом вертикальные подъемники с камерой, заполняющейся водой и имеющей с обоих концов ворота для ввода и вывода судов. Верхний и нижний подводные к судоподъемнику каналы также имеют ворота. Для спуска судна камера устанавливается на вершине судоподъемника и уровень воды в ней совпадает с уровнем верхнего бьефа. После открытия ворот вводят судно и закрывают ворота. После спуска камеры и выравнивания уровня воды в камере с уровнем нижнего бьефа открываются ворота и выводится судно. Камеры либо подвешиваются на тросах, либо поддерживаются на поплавках.

Судоподъемники применяются главным образом в Западной Европе и на сибирских реках России, имеющих большое падение уровня воды на малых участках.

Наклонные судоподъемники представляют собой покаты плоскости, имеющие рельсовые пути, по которым на особых тележках насухо или в наполненных водой камерах перемещают небольшие суда.

Наклонные судоподъемники по технологии перевозки судов делятся на продольные, характерные тем, что в них судно поднимается по направлению своей продольной оси, и поперечные, когда судно поднимается по направлению перпендикулярно к его оси.

Продольные судоподъемники наиболее выгодно располагать в составе гидроузла при пологом рельефе местности с уклоном уложенных путей в пределах 1:8–1:20.

По форме продольного профиля пути наклонные судоподъемники делятся на двускатные и односкатные.

На рисунке 3.20 показаны схемы двускатных судоподъемников. Судоподъемник имеет по косяковой тележке на каждом скате и одну дополнительную верхнюю, которая передает судно с одного косяка на другой. Судно с помощью специальных направляющих устройств точно наводится на верхнюю тележку. После швартовки посадка судна на верхнюю тележку производится в процессе медленного движения косяковой тележки по скату, затем косяковая тележка продолжает двигаться с большей скоростью. Тележка с судном выходит из воды и поднимается по надводным путям до отдельной опоры. По этой схеме наклонных продольных судоподъемников суда небольшой грузоподъемности перемещаются только насухо.

Одним из интересных примеров продольно-наклонного двускатного судоподъемника с поворотным устройством и с самодвижущейся камерой,

заходящей в воду, является судоподъемник в составе Красноярского гидроузла на р. Енисее (рисунок 3.21). Специфические

особенности Красноярского гидроузла, применительно к которому был запроектирован судоподъемник, следующие: перепад бьефов несколько более 100 м; значи-

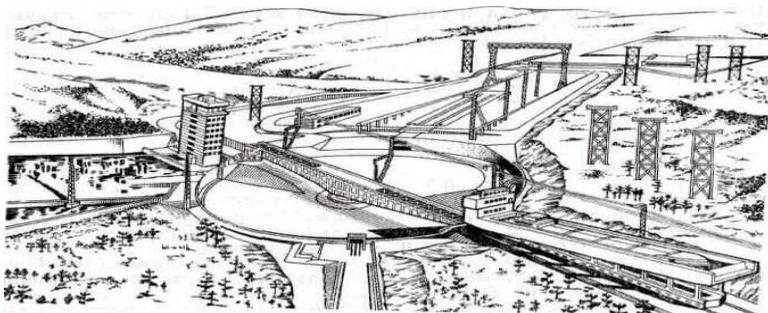


Рисунок 3.21 – Красноярский судоподъемник

тельные колебания уровней в бьефах (в верхнем – до 13 м, в нижнем – 6,3 м); сложные топографические условия района, характеризующиеся изрезанностью берега оврагами и крутым падением берегового скального склона.

Опыт применения наклонных судоподъемников показал, что сооружать их нецелесообразно вследствие дороговизны и больших напряжений, возникающих в корпусе судна при перевозке.

3.4 Условия безопасности и экономичности эксплуатации судов

Для того чтобы судно можно было использовать по назначению с наибольшей эффективностью, оно должно обладать определенными качествами в соответствии с эксплуатационно-техническими и эксплуатационно-экономическими требованиями.

Качества судна, отвечающие эксплуатационно-техническим требованиям, – это эксплуатационные и навигационные (мореходные).

К эксплуатационным качествам относятся:

1) грузоподъемность судна, т. е. количество груза в тоннах, которое оно может принять при определенном погружении (осадке). Различают полную и чистую (полезную) грузоподъемность. Полная грузоподъемность судна – дедейт определяется массой груза, пассажиров с багажом, экипажа с его

багажом и всех судовых запасов (топлива, смазочных материалов, питьевой воды и пр.), чистая – массой груза и пассажиров с багажом;

2) вместимость, т. е. объем помещений в кубических метрах, которые могут быть использованы для размещения груза, пассажиров, экипажа и судовых запасов; грузоместимость – объем помещений, отведенных для размещения груза на судне;

3) пассажироместимость – количество имеющихся на судне пассажирских мест различных категорий (мягких, жестких, плацкартных, для сидения);

4) скорость хода – для судов внутреннего плавания – километров в час, для морских судов – в узлах. Различают проектную, эксплуатационную и техническую **скорость**. *Проектная* скорость на тихой и глубокой воде при отсутствии течения и волнения определяется расчетом при проектировании судна и гарантируется проектной организацией. Под *эксплуатационной* скоростью понимают скорость хода судна относительно воды при заданной осадке и определенных путевых и гидрометеорологических условиях плавания. *Технической* скоростью называется скорость хода судна относительно берега при тех же условиях;

5) автономность плавания – время (или пробег), в течение которого судно может работать без пополнения запасов. Для судов внутреннего плавания автономность определяется в зависимости от количества топлива, ко-

торое судно может взять на борт.

К эксплуатационным могут быть отнесены такие качества, как соответствие судна условиям погрузки-выгрузки, счалке и другие.

Навигационные (мореходные) качества включают:

1) плавучесть – способность судна плавать в требуемом положении относительно поверхности воды при заданной загрузке;

2) остойчивость – способность судна возвращаться в исходное положение после прекращения действия внешних сил, вызывающих его наклонение;

3) непотопляемость (живучесть) – способность судна сохранять плавучесть и остойчивость, т. е. держаться на плаву, не опрокидываясь, после затопления одного или нескольких отсеков (помещений в корпусе судна, отделенных друг от друга водонепроницаемыми перегородками). Требования непотопляемости предъявляются к судам внутреннего плавания в зависимости от их класса и назначения и наиболее жестки в отношении пассажирских судов;

4) ходкость – способность судна развивать заданную скорость при минимальной затрате мощности силовой установки;

5) устойчивость на курсе – способность судна сохранять прямолинейность движения;

6) поворотливость или управляемость – способность судна изменять направление движения в кратчайшее время под воздействием специальных устройств, имеющихся на нем;

7) прочность (крепость) – способность противостоять действующим на судно силам (собственный вес судна, вес находящихся на нем грузов, давление воды, удары волн и др.) без разрушения или остаточных деформаций;

8) плавность качки – способность судна раскачиваться на волнении с возможно меньшими частотой и амплитудой колебательных движений. Для судов классов "Л" и "Р" это качество практического значения не имеет.

Навигационные качества обеспечивают безопасность плавания и нормальные условия работы для экипажа. Их нельзя рассматривать изолированно одно от другого, так как они тесно связаны и зависят друг от друга.

3.5 Характеристика и размерения судов

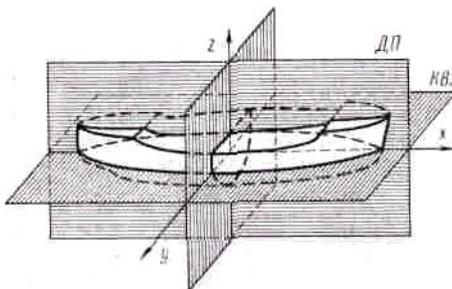
Наружные очертания корпуса судна изображают графически в виде проекций на три взаимно перпендикулярные плоскости (рисунок 3.22). Совокупность этих проекций называется теоретическим чертежом корпуса судна, который составляют для расчета его навигационных качеств при проектировании и для разработки конструктивных чертежей. Им пользуются и при постройке судна. По нему определяют форму балок набора и конфигурацию листов обшивки. Три взаимно перпендикулярные плоскости, на которые проектируют обводы корпуса, – это плоскости диаметральной, мидель-шпангоута и конструктивной ватерлинии.

Диаметральная плоскость (ДП) – вертикальная плоскость, проходящая вдоль судна по середине его ширины.

Плоскость мидель-шпангоута (МШ) – вертикальная плоскость, проходящая по середине длины корпуса перпендикулярно диаметральной.

Плоскость конструктивной ватерлинии (КВ) – горизонтальная плоскость, пересекающая корпус судна, перпендикулярная первым двум и совпадающая с поверхностью спокойной воды при плавании судна с полной загрузкой.

Плоскость мидель-шпангоута делит корпус на две несимметричные части: переднюю по движению судна – носовую и заднюю – кормовую. Плоскость конструктивной ватерлинии делит судно на подводную и надводную части.



При построении теоретического чертежа корпус судна рассекают плоскостями, параллельными главным плоскостям и находящимися на одинаковых расстояниях одна от другой.

Линии, получаемые при сечении корпуса плоскостями, параллельными плоскости мидель-шпангоута, называются шпангоутами, а совокупность проекций всех шпангоутов на плоскость мидель-шпангоута называется корпусом. На корпусе с правой стороны от диаметральной плоскости вычерчивают носовые сечения шпангоутов, с левой – кормовые.

На теоретическом чертеже, как и на других судостроительных чертежах, судно принято изображать носом вправо; шпангоуты нумеруют от носа к корме, считая крайнее носовое сечение (носовой перпендикуляр) нулевым шпангоутом; ватерлинии нумеруют снизу вверх, считая нулевой ватерлинией сечение корпуса основной плоскостью.

Основными размерениями судна считаются (рисунок 3.23):

- *длина* (L) – расстояние между перпендикулярами, опущенными из точек пересечения вертикальной диаметральной плоскости с грузовой ватерлинией. Наибольшая длина (L_{\max}) измеряется между перпендикулярами, проведенными через крайние точки носа и кормы;

- *ширина* (B) – расстояние между точками пересечения грузовой ватерлинии и обводом корпуса в вертикальной (поперечной) плоскости;

- *осадка* (T_{oc}), измеряемая в середине судна (по его длине) от грузовой ватерлинии до нижней кромки дна судна – до кромки киля. Кроме того различают осадку носом ($T_{он}$) и осадку килем ($T_{ок}$);

- *высота судна или высота борта* (H_6), измеряемая от килевой линии до бортовой линии по вертикали в плоскости поперечного сечения посередине судна;

- *надводная высота судна* ($H_{н6}$), измеряемая по вертикали от плоскости грузовой ватерлинии до борта судна в плоскости поперечного сечения посередине судна. Различают также наименьшую высоту надводного борта (H_{\min}).

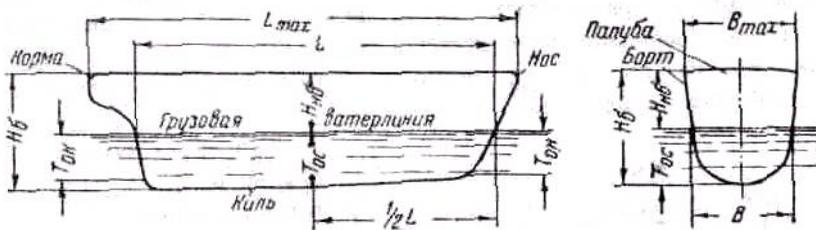


Рисунок 3.23 – Основные размеры судна

Водоизмещение судна – это его вес с полным грузом в метрических тоннах [$D_c = \delta LB T_{oc}$]. Водоизмещение численно равно весу воды, вытесняемой объемом подводной части корпуса, где δ – коэффициент полноты обвода судна ($\delta < 1$). (Отношение объема подводной части судна к объему описанного вокруг него параллелепипеда).

Грузоподъемность бывает *полная (дедвейт)* и *чистая (дедвейт-карго)*. Полная грузоподъемность Q_c представляет вес всего груза, который может быть поднят судном при наибольшей установленной для него осадке T_{oc} . Эта грузоподъемность равна разности водоизмещения с полным весом D_c и водоизмещения в порожнем состоянии D_o .

$$(3.1) \quad Q_c = D_c - D_o = \delta LB(T_{oc} - T_o),$$

где T_o – осадка судна в порожнем состоянии.

Чистая грузоподъемность равна полной за вычетом веса топлива, воды, снабжения, имущества и экипажа (команды).

Грузовместимость выражается в метрах кубических и характеризует способность грузовых помещений судна вместить определенное количество грузов в зависимости от их объема.

Регистровая вместимость измеряется в условных единицах – регистровых тоннах. Регистровая тонна составляет объем в 100 кубических футов, что равно $2,83 \text{ м}^3$.

Степень удобства судна в производстве грузовых операций характеризуется *коэффициентом лючности*, равным отношению суммарной вместимости люковых шахт к общей грузовой вместимости судна.

3.6 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 3.24, грузо-пассажирские, грузовые – рисунок 3.25, буксирные – рисунок 3.26), 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;

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).



Рисунок 3.24 – Пассажирский теплоход "Максим Горький"

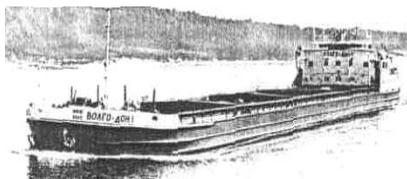
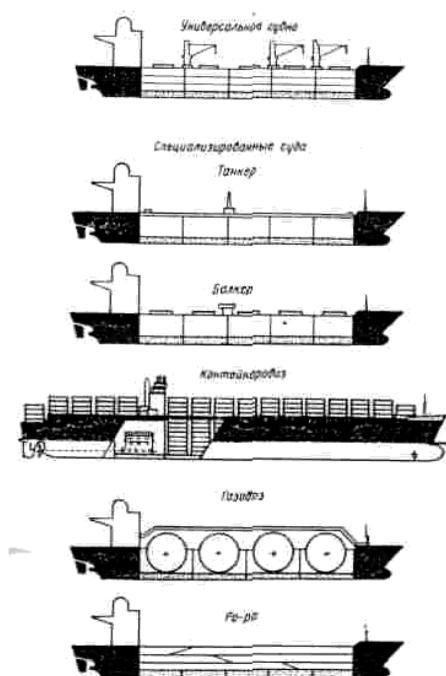


Рисунок 3.25 – Грузовой теплоход типа "Волга-Дон"



Рисунок 3.26 – Толкач-буксир для рек центральных бассейнов



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 (рисунок 3.27).

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

Ролкеры – суда с бескрановой или горизонтальной системой

погрузки-выгрузки.

Лихтеры – несамоходное 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).

рованных

3.7 Порты и портовые сооружения

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 внерядными.

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.

А к в а т о р и я – 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).

Т е р р и т о р и я – это сухопутная площадь, вдоль которой расположены береговые грузовые фронты (причальные линии), оборудованные для производства всех портовых операций, служебные, хозяйственные и бытовые устройства.

П р и ч а л ь н ы й ф р о н т, 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 *тирсами*.

Широкое распространение на внутренних водных путях получили плавучие причалы (грузовые и пассажирские дебаркадеры).

Оборудование порта. Основным оборудованием порта для производства грузовых операций являются путевое развитие, складские помещения и перегрузочные машины.

П у т е в ы е у с т р о й с т в а порта включают (рисунок 3.28):

портовую станцию, для сортировки вагонов по отдельным районам порта или отдельным причалам;

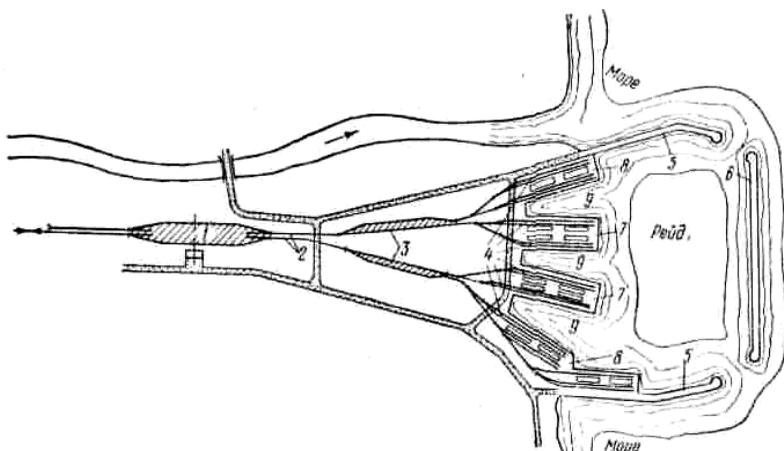


Рисунок 3.28 – Схема путей устройств порта: 1 – портовая станция; 2 – соединительные пути; 3 – районные парки; 4 – погрузочно-выгрузочные пути; 5 –

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.

Складские помещения специализируются для штучных (генеральных) и массовых грузов.

По длительности хранения грузов различают склады краткосрочного (в течение нескольких суток) и долгосрочного (базисные склады) хранения.

Закрытые складские помещения бывают универсальные, приспособленные для хранения разнообразных грузов, и специализированные, предназначенные для хранения грузов определенной категории (элеваторы, холодильники, нефтехранилища и т. п.).

Перегрузочные машины. Для перегрузки штучных грузов у причальных линий и наружных фронтов складов широко применяются порталные и полупортальные краны, конвейеры и др.

Сыпучие грузы перегружаются с помощью транспортеров, мостовых кранов с захватывающими приспособлениями.

Перегрузочные операции на плаву выполняются плавучими перегрузочными машинами.

3.8 Взаимодействие видов транспорта в порту

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.

Методика выбора вида транспорта для перевозки грузов основывается на определении приведенных затрат по различным вариантам.

В общем виде приведенные затраты определяются по формуле

$$(3.2) \quad E = \mathcal{E} + E_n K,$$

где \mathcal{E} – эксплуатационные расходы на перевозку грузов; E_n – нормативный коэффициент эффективности капитальных вложений; K – капитальные вложения на строительство путей сообщения, приобретение подвижного состава (единовременные затраты),

$$(3.3) \quad E_n = I / t_{ок},$$

где $t_{ок}$ – срок окупаемости капитальных вложений.

Если эксплуатационные расходы и капитальные вложения разложить на составляющие их элементы, то приведенные затраты можно определить следующим образом:

$$E = C_{пв} + C_{пер} + C_{м} + C_{п} + E_{н}(K_{т} + K_{гр}), \quad (3.4)$$

где $C_{пв}$ – затраты на подвоз груза (обычно автомобильным транспортом) к железнодорожным станциям или к речному порту в пункте отправления или соответственно на вывоз в пункте назначения,

$$C_{пв} = G_{ткм} l_{пв} P; \quad (3.5)$$

$G_{ткм}$ – себестоимость одного тонно-километра; $l_{пв}$ – расстояние подвоза-вывоза; P – количество перевозимого груза; $C_{пер}$ – затраты на перегрузочные операции с одного вида транспорта на другой, как в пункте отправления и назначения, так и в пути следования,

$$C_{пер} = P G_{т} ; \quad (3.6)$$

$G_{т}$ – расчетная цена на выполнение грузовой операции;

$C_{м}$ – затраты на транспортирование груза одним или несколькими видами транспорта, включая расходы на начальные (погрузка) и конечные (выгрузка) операции, осуществляемые на различных видах транспорта,

$$C_{м} = G_{ткм} l P; \quad (3.7)$$

l – расстояние перевозки;

$C_{п}$ – стоимость потерь грузов при перевозке по данному варианту; $K_{т}$ – капитальные вложения для развития постоянных устройств и приобретения подвижного состава, выполнения заданных перевозок; $K_{гр}$ – общая стоимость грузов, постоянно находящихся в процессе транспортирования,

$$K_{гр} = C_{т} P_{гр}; \quad (3.8)$$

$C_{т}$ – стоимость 1 тонны груза; $P_{гр}$ – количество груза находящегося в процессе транспортирования,

$$(3.9) \quad P_{гр} = P_{сут} \cdot l / V_{сут},$$

$P_{сут}$ – среднесуточное количество отправляемого груза; $V_{сут}$ – скорость доставки груза, км/сут.

$K_{гр}$ нужно учитывать только тогда, когда у получателя нет запаса груза.

3.9 Организация эксплуатационной работы водного транспорта

Эксплуатационные требования к водному транспорту и порядок эксплуатации сооружений и устройств порта определяются Правилами технической эксплуатации речного и морского флота.

На водном транспорте, так же, как и на железнодорожном, разрабатывается технологический процесс, которым устанавливаются прогрессивные нормы времени на отдельные операции и порядок наиболее полного использования технических средств порта.

Плавание судов делится на три вида:

- **с р о ч н о е**, осуществляемое грузо-пассажирскими судами в полном соответствии с расписанием их следования;

- **р е г у л я р н о е**, осуществляемое также грузо-пассажирскими судами на линиях с непостоянными или небольшими, но систематически выполняемыми перевозками. Этот вид движения характерен фиксированием направления движения судов и заходов в промежуточные порты;

- **р е й с о в о е**, являющееся основным видом движения грузовых судов. Оно характерно тем, что направление движения и заходы в порты определяются распределением грузопотока.

Время, затрачиваемое судном на движение между портами, включая и стоянку судов в портах для производства грузовых операций, называется **рейсом**.

Работой портов и движением судов на водных путях руководит диспетчерский аппарат, в задачу которого входит обеспечение выполнения графика движения судов и работы портов, предупреждение и немедленное устранение возникающих затруднений и нарушений. Графики движения разрабатывают в пароходствах и ими определяют работу каждого судна во времени и пространстве в течение планируемого месяца.

Внедряется автоматизированная система управления "Морфлот".

Время нахождения судна в порту делят на *валовое* (от прихода в порт до момента отхода из порта) и *чистое* (только грузовые операции).

На судах и в порту ведется специальный документ (т а й м ш и т) для учета фактического времени, затраченного на грузовые и вспомогательные операции и простой судна. При досрочной обработке судна пароходство выплачивает порту премию, при задержке судна выше расчетного времени порт выплачивает штраф.

Морской флот играет большую роль в развитии хозяйственного потенциала любой страны, имеющей выход к морю. В этом можно убедиться на примере работы морского транспорта СССР в 1988 году, характеризующейся следующими данными:

грузооборот морского транспорта, млрд т·км – 1011;

пассажирооборот, млрд пас·км – 2,0;

средняя дальность перевозки 1 т груза, км – 3938;

численность работников, занятых на перевозках, тыс. человек – 242,6;

перевезено грузов, млн т – 257;

перевезено пассажиров, млн человек – 49;

средняя дальность поездки 1 пассажира, км – 41;

производительность труда 1 работника, занятого на перевозках, тыс. прив. т·км в год – 7480.

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 несамостоятельных 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, ес-

тественным 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;

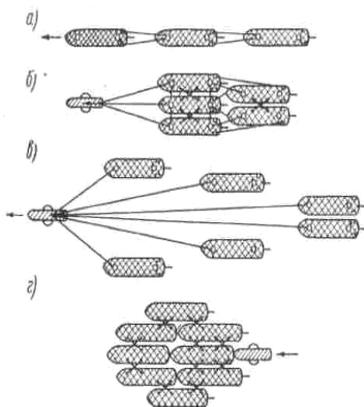
избрание соответствующего курса для дальнейшего движения судна и осуществление его проводки в зоне действия данного навигационного знака или группы знаков.

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" (рисунок 3.29,а).



В случае буксировки по течению грузные баржи счаливают обычно в два-три ряда (рисунок 3.29,б).

Если баржи должны быть розданы по пути следования, они соединяются с буксирным судном самостоятельными буксирными канатами (рисунок 3.29,в).

В настоящее время широко применяется буксировка судов толканием (рисунок 3.29,г). Этот способ обеспечивает снижение сопротивления

воды, испытываемого буксирным судном, а, следова-

тельно, уменьшает расход топлива, снижает стоимость перевозок и увеличивает скорость движения.

Рисунок 3.29 – Схема счалки барж при буксировке

В о д н ы й п у т ь – это судоходная часть рек, озер, водохранилищ и искусственных каналов с гидротехническими сооружениями.

П о р т ы – 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.

П р и с т а н и – промежуточные пункты, где суда имеют кратковременную остановку для посадки-высадки пассажиров и частичной погрузки-выгрузки грузов.

Основные показатели работы речного транспорта бывшего СССР за 1988 год:

- **грузооборот, млрд т·км – 251;**
- **пассажирооборот, млрд пас·км – 5,4;**
- перевозка грузов, млн т – 691;
перевозка пассажиров, млн человек – 131;
средняя дальность перевозки 1 т груза, км – 364;
средняя дальность поездки 1 пассажира, км – 42;
производительность труда на 1 работника, тыс. прив. т·км в год – 2671;
эксплуатационная длина сети речных путей, тыс. км – 123.

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.

Для обеспечения гарантированных глубин на реках технический флот пополнится землесосными и многочерпаковыми снарядами производительностью соответственно 2500 и 600 м³/ч.

Самоходный грузовой флот будет пополняться эффективно используемыми сухогрузными теплоходами грузоподъемностью 2500, 3000, 4000 т и танкерами (перевозка нефтепродуктов всех классов) грузоподъемностью 5000 т смешанного (река-море) плавания.

Для внутренних водных путей предполагается строить грузовые теплоходы различного назначения следующих типов:

- теплоход-площадка для перевозки массовых грузов непосредственно на палубе, что обеспечивает их быструю загрузку (разгрузку). Такие суда (грузоподъемностью 1900 т в центральных бассейнах и 1000 т на реках

Ленского бассейна) предназначены для перевозок массовых грузов на линиях с относительно небольшими грузопотоками;

- контейнеровоз грузоподъемностью 1000 т (с выходом в прибрежные морские районы);
- овощевоз грузоподъемностью 600 т (для перевозка массовых грузов – 1300 т);
- танкер грузоподъемностью 1000 т в основном для рек Ленского бассейна и другие типы судов.

Намечается строительство судов для малых рек, в том числе несамоходных судов и грузовых теплоходов различной грузоподъемности (преимущественно 200–600 т), а также мелкосидящих буксиров-толкачей (мощностью 110 и 220 кВт).

В дальнейшем предполагается строительство крупнотоннажных барж-площадок грузоподъемностью 3500–4000 т для магистральных рек Сибири, сухогрузно-наливных теплоходов грузоподъемностью 4000 т, сухогрузных теплоходов грузоподъемностью 1400–2000 т и более с габаритами, позволяющими выполнять перевозки между портами, расположенными на внутренних водных путях стран СНГ; автомобилевозов, рефрижераторов, судов для перевозок негабаритных и тяжеловесных грузов, а также буксиров-толкачей мощностью 1765–2200 кВт для вождения большегрузных составов.

Получит дальнейшее развитие флот для малых рек, причем отдельные суда предусматривается оборудовать перегрузочной техникой.

Наряду с традиционными типами грузовых судов намечается создание и освоение судов типа «Ро-Ро» для перевозки по внутренним водным путям автомобилей, тарно-штучных и пакетированных грузов; грузовых судов на воздушной подушке (СВП) скегового и амфибийного типов для доставки продовольственных и промышленных грузов в пункты, расположенные на реках с ограниченными (до 0,7–0,8 м) глубинами.

Предусматривается также разработка и внедрение баржевозных систем для эксплуатации на водных путях с резкими колебаниями габаритов судового хода и ветроволнового режима. Их использование позволит исключить дорогостоящие перевалки грузов в промежуточных пунктах, а также простои судов в начальном и конечном пунктах. Рациональными сферами внедрения таких систем являются завоз грузов в северные районы страны с магистральных рек и др.

Для улучшения качества пассажирских перевозок намечено строительство: современных речных вокзалов (рисунок 3.30); комфортабельных туристских судов для магистральных рек и водохранилищ, а также рек с ограниченными габаритами судового хода, в том числе для сибирских рек; туристских судов смешанного (река-море) плавания; судов для экскурсионно-прогулочных, внутригородских и пригородных линий.



Рисунок 3.30 – Пассажирский речной вокзал в Самаре

Предусматривается строительство скоростных судов на подводных крыльях типа "Восход", "Метеор" (рисунок 3.31), "Ласточка" (пассажировместимостью 70 чел., скоростью хода 90 км/ч), судов на воздушной подушке типа "Зарница", "Луч", "Орион", "Баргузин" – для озера Байкал (пассажировместимостью 130 чел., скоростью хода до 50 км/ч) и др.

Стремление к повышению скоростей движения судов вынуждает искать энергетические установки большей мощности при небольших размерах и малой массе. Одна из таких установок – газотурбинный двигатель. В результате исследований, проведенных ЦКБ пр. судам на подводных крыльях был разработан и построен



Рисунок 3.31 – Гидроход на подводных крыльях "Метеор"

опытный газотурбоход на подводных крыльях "Буревестник" (рисунок 3.32). При выборе главного двигателя было решено использовать авиационный турбовинтовой двигатель (ТВД) марки АИ-20, широко применяемый в гражданской авиации на самолетах типов ИЛ-18. Для этой цели двигатель АИ-2Э был силами ЦКБ конвертирован в судовой газотурбинный двигатель (ГТД) и установлен в комплексе с водометным

двигателем. Газотурбоходом является также опытное судно на воздушной подушке "Сормович".

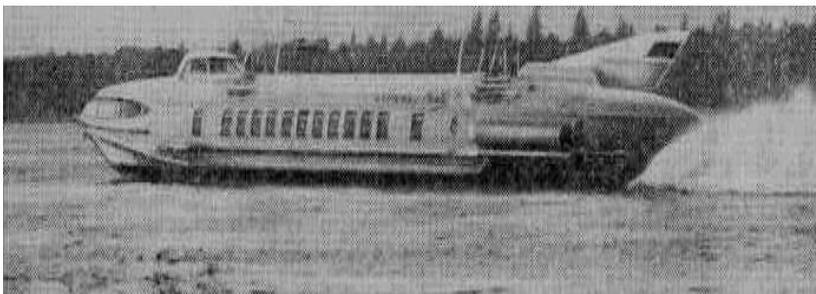


Рисунок 3.32 – Скоростной газотурбоход на подводных крыльях "Буревестник"

При строительстве флота предусматривается максимально реализовать достижения научно-технического прогресса, продолжить совершенствование технико-экономических характеристик судов. Это в первую очередь касается:

- совершенствования архитектурно-конструктивных форм судов, обеспечивающих высокую производительность грузовых работ – двух-трехпалубные суда с горизонтальной загрузкой (разгрузкой) техники, контейнеров, пакетированных грузов; суда докового типа для выгрузки (приема) в базовых пунктах плавучих лихтеров-контейнеров, транспортируемых по участкам рек с ограниченными глубинами;

- применение новых судостроительных материалов – высокопрочных сталей, алюминиевых сплавов, стеклопластика и др.;

- совершенствования судовых энергетических установок, обеспечивающих работу на менее дефицитных сортах топлива, надежность, увеличение моторесурса;

- улучшения условий труда для экипажей – снижение уровня шума, вибрации и др.

Одной из важных задач в области судостроения является создание судов с высокой степенью автоматизации, позволяющей значительно сократить численность экипажа.

Главным направлением совершенствования организации и технологии судостроения является внедрение модульной системы строительства судов.

Разработанная в настоящее время система модулей позволяет собирать несамоходные суда грузоподъемностью от 100 до 500 т и от 600 до 1500 т, значительно сократив цикл производства.

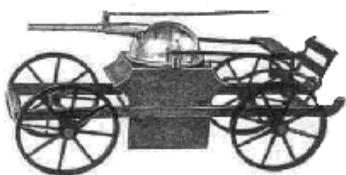
Большое внимание необходимо уделять совершенствованию типов и конструкций причальных набережных, существенному повышению механовооруженности причалов. Наряду с порталными кранами намечается более широко внедрять высокопроизводительные перегрузочные комплексы с вагоноопрокидывателями, роторно-конвейерными складскими и конвейерно-погрузочными машинами, грейферно-бункерные и норийно-конвейерные перегрузатели.

Продолжается автоматизация операций и этапов перегрузочного процесса, механизация подсобно-вспомогательных работ, создание в крупных портах специализированных баз комплексного обслуживания флота, располагающих необходимыми береговыми и плавучими техническими средствами.

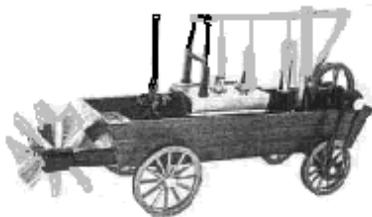
4 АВТОМОБИЛЬНЫЙ ТРАНСПОРТ

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 (см. рисунок 1.5). Бывший практикант Д. Уатта англичанин Ричард Тревитик в 1801–1802 годах создал свой паровой автомобиль (см. рисунок 1.6), 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.



индивидуального и грузового назначения. Из-за чрезмерной
Рисунок 4.1 Паровая тележка
Ньютона (1680 г.)



ускорило разработку

Конструкции первых экипажей приведены на рисунках 4.1 – 4.7).

Первые 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

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.

Лишь в 1885 году был создан принципиально новый, лёгкий и мощный двигатель внутреннего сгорания (ДВС), что значительно

новых конструкций автомобилей во всем

Рисунок 4.2 – Паровая амфибия Эванса (1801 г.)

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.

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.

Парадокс, но в Российскую империю первый автомобиль... приплыл.

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. Спустя три года на собственном авто стал раскатывать некий московский купец, а 9 августа 1895 г. первый



Рисунок 4.3 – Паровой дилижанс Гюрнея (1825 г.)

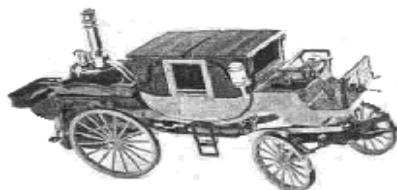


Рисунок 4.4 – Паровая карета Бордино (1854 г.)



Рисунок 4.5 – Автомобиль Маркуса (1875 г.)

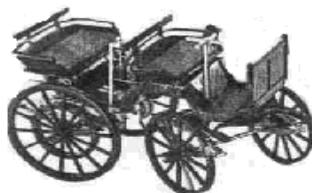


Рисунок 4.6 – Автомобиль Даймлера (1886 г.)

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 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 Чикаго. В Америке

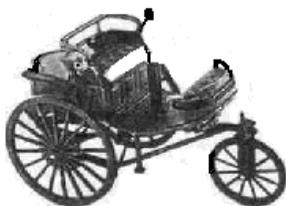


Рисунок 4.7 – Автомобиль Яковлева, впервые увидел Бенца. Германия, 1886 г.

фирмы "Бенц", а также познакомился с соотечественником, фабрикантом конных экипажей П. А. Фрезе. 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 (рисунок 4.8), несколько фургонов для развозки почты (1902 г.), автобус (1903 г.), пожарный автомобиль (1904 г.). Тогда же был построен 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 4.9.

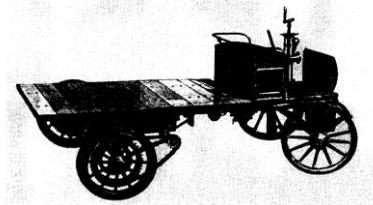
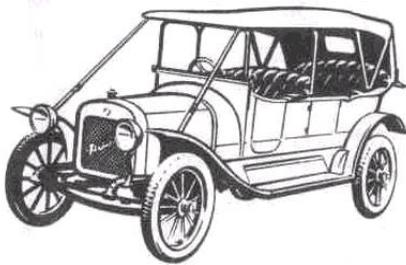


Рисунок 4.8 – Грузовик Фрезе. Россия 1902 г.



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 только на одни сутки.

Без дороги автомобиль становится бесполезной игрушкой. Поэтому можно сказать, что появление нового транспортного средства не заставило дорожников врасплох.

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 шоссе 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. Шоссе и 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 шоссе и дорожных строителей: *"Во всей России всего лишь 4 процента шоссе и дорожных 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 шоссе было 1 к 10.

В послереволюционный период большое внимание уделялось автомобильному транспорту. Решая неотложные задачи по снабжению продовольствием, топливом, промышленными товарами, правительство сочло необходимым упорядочить использование автомобилей в стране. В июне 1920 г. был принят декрет Совета Народных Комиссаров РСФСР "Об автодвижении по Москве и ее окрестностям (правила)". Этот декрет явился первым государственным документом, отражающим основные вопросы пользования автомобилями.

В октябре 1921 г. при Наркомате путей сообщения (НКПС) был организован Центральный комитет по перевозкам, на который возлагалось состав-

ление плана перевозок по всем видам транспорта, в том числе и автомобильному. Это был важный шаг на пути формирования и развития единой транспортной системы страны. В 1922 г. введена платность перевозок, установлена система тарифов, определен порядок перевода транспортных организаций на хозрасчет.

Отечественное автостроение начало развиваться в СССР с 1924 г. Первые советские грузовые автомобили грузоподъемностью 1,5 т, выпущенные Московским заводом АМО (рисунок 4.10), прошли по Красной площади во главе колонны демонстрантов 7 ноября 1924 г. За 1924–1931 годы на шасси АМО-Ф-15 выпускалось несколько моделей автотранспортных средств: автобусы, автомобили санитарные и пожарные, легковые штабные и броневики.

Серийное производство грузовых автомобилей началось в годы индустриализации страны сначала на заводах в Москве (АМО) и в Ярославле (ЯГАЗ), а затем на построенном в очень короткий

срок (всего за 19 месяцев) Горьковском автозаводе. После реконструкции заводы АМО и ЯГАЗ стали выпускать грузовые автомобили, автобусы и троллейбусы. Основным грузовым автомобилем в довоенные годы был ГАЗ-АА (рисунок 4.11).

Развитие автомобильной промышленности создало материальную основу для формирования автомобильного транспорта как новой отрасли хозяйства, имеющей важное значение для экономики страны.

Создание отечественного автомобилестроения потребовало организации и своих исследовательских

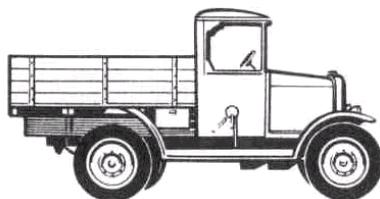


Рисунок 4.10 – Автомобиль АМО-Ф-15

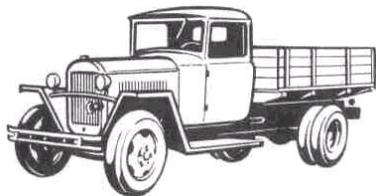
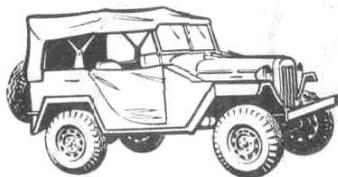


Рисунок 4.11 – Автомобиль ГАЗ-АА 401

центров, где осуществлялись поиски конструкций автомобилей, наиболее приспособленных для работы в климатических и дорожных условиях нашей страны.

Созданная в период индустриализации материально-техническая база автомобильной промышленности оказала существенное влияние на развитие экономического и военно-промышленного потенциала СССР.

Во время Великой Отечественной войны производство легковых автомобилей и автобусов было остановлено. Заводы переключились на выпуск танков, бронев автомобилей, тягачей, на базе серийных автомобилей собиралась боевая транспортная техника. Горьковский автозавод в начале войны выпускал автомобили ГАЗ-64, ГАЗ-67 и ГАЗ-67Б (рисунок 4.12). На их базе собирали легковые бронев автомобили БА-64 и БА-64Б, автомобиль-амфибию ГАЗ-011, санитарные автобусы ГАЗ-55. Московский автомобильный завод эвакуировал свои цеха на Волгу и Урал. Они стали базой будущих новых автозаводов – Ульяновского и Уральского.



Автомобили отечественного производства обслуживали войска на всех фронтах Великой Отечественной войны, участвовали во всех битвах, эвакуации раненых и населения, перевозили боеприпасы и продовольствие. Автотранспортные подразделения оперативно использовались для выдвигания боевых соединений и частей к линии фронта, для перегруппировок войск. Например, только в июле 1941 г. автотранспортом было доставлено из Москвы в район Вязьмы шесть дивизий.

На Южном фронте во время напряженных боевых операций на Днепре с августа по октябрь 1941 г. автомобили перевезли 24 дивизии. Огромную роль в обороне Ленинграда сыграла знаменитая Дорога жизни, проложенная по льду Ладожского озера, связывавшая блокадный город с Большой землей. На трассе протяженностью 30 км работало несколько тысяч автомобилей, которые доставили в Ленинград около 600 тыс. т грузов, прежде всего продовольствия, и эвакуировали в тыл более 700 тыс. горожан. В некоторые дни по дороге проходило до 10 тыс. единиц различных транспортных средств.

Большой объем работы выполнил автомобильный транспорт за время наступательных операций 1943–1945 годов.

Опыт работы автомобильного транспорта в период Великой Отечественной войны наглядно показал, что обеспечить эффективное использование каждого транспортного средства можно лишь при

форсированном развитии автомобильного транспорта общего пользования, укрупнении автотранспортных предприятий, усилении их материально-технической базы, внедрении достижений научно-технического прогресса.

В конце войны автомобильная промышленность СССР переходит на выпуск мирной продукции. Основными массовыми транспортными средствами в первые послевоенные годы становятся: грузовой автомобиль Горьковского завода ГАЗ-51, модернизированный затем в ГАЗ-51А, автомобиль ЯАЗ-200-206-210 Ярославского автозавода, грузовой автомобиль ЗИС-150, автобусы ЗИС-155 и ЗИС-127 Московского автозавода.

Начался выпуск и новых легковых автомобилей ГАЗ-20 "Победа" (рисунок 4.13), ГАЗ-12, ЗИС-110, Москвич-400 (рисунок 4.14) на Московском заводе малолитражных автомобилей (МЗМА) (сейчас завод имени Ленинского комсомола). Уже к 1949 г. выпуск автомобилей превысил довоенный уровень. Так, если в 1939 г. четыре завода (в Горьком, Ярославле и два в Москве) изготавливали 22 модели и модификации, то в 1954 г. уже 12 заводов выпускали до 43 наименований автомобильной техники.

Дальнейшее развитие автомобильной промышленности потребовало существенной организационной перестройки, более эффективной специализации и кооперирования производства. В 1958–1960 гг.

организована широкая сеть заводов-смежников, что позволило специализировать заводы на выпуске машин определенных типов и даже отдельных агрегатов и узлов.

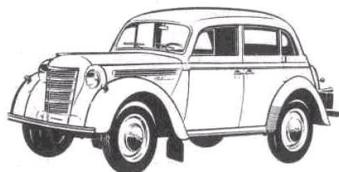


Рисунок 4.14 – Автомобиль "Москвич-400" (выпуск этих

реконструированы действующие автозаводы, организованы производственные объединения "АвтоЗИЛ", "ГАЗ" и др., началось производство автомобильных двигателей в Уфе. В результате выпуск легковых автомобилей возрос с 344 тыс. в 1970 г. до 1239 тыс. – в 1976 г. Начался выпуск мощ-



Рисунок 4.13 – Автомобиль ГАЗ-20 "Победа" (выпускался на Горьковском автозаводе с 1946 по

К середине 1965 года был выпущен 10-миллионный автомобиль. На заводах внедрялась новая технология, высокоавтоматизированные линии и специали-

рованные станки, были построены новые (в 1968–1972 годы в Тольятти и Ижевске) и



Рисунок 4.15 – Автомобиль БелАЗ-7510

ных самосвалов на Белорусском автомобильном заводе для работы в карьерах (рисунок 4.15).

С целью снижения расхода энергетических ресурсов на автомобильном транспорте предусматривается дальнейший выпуск автомобилей с дизельными двигателями или работающих на более



Рисунок 4.16 – КамАЗ-5320

дешевом топливе – природном газе. В 1976 г. начал работу Камский автомобильный завод. Выпуск дизельных КамАЗов большой грузоподъемности (рисунок 4.16) за короткий срок значительно улучшил структуру грузового автопарка страны, способствовал повышению эффективности перевозок.

Дальнейшее развитие в стране получает автобусостроение, реконструируются Павловский, Курганский, Ликинский заводы, развивается Рижский завод, выпускающий особо малые автобусы общего назначения. К концу одиннадцатой пятилетки 28 заводов выпускали свыше 350 моделей и модификаций автомобильной техники, которая поставляется более чем в 80 стран мира.

Повышение качества продукции, дальнейшее расширение номенклатуры выпускаемых изделий поставили перед автомобильной промышленностью ряд новых задач научно-технического характера. В середине 80-х годов принято решение о выпуске автомобилей на основе так называемой гибкой технологии. Она предусматривает широкое применение роботов, автоматизированных управляющих комплексов, дает возможность оперативно, за два-три года, осваивать выпуск новых моделей и модификаций автомобилей без замены основного технологического оборудования. Такая технология применяется и на московском автозаводе.

На Волжском автозаводе был начат выпуск новой переднеприводной модели легкового автомобиля ВАЗ-2108 (рисунок 4.17), там же выпускался автомобиль повышенной проходимости для сельских дорог ВАЗ-2121 "Нива" (рисунок 4.18).



Рисунок 4.18 – Автомобиль ВАЗ-2121 "Нива" – комфортабельный трехдверный пассажирско-грузовой автомобиль повышенной проходимости

В послевоенные годы развернулось и дорожное строительство. За 1946–1950 годы в стране было построено около 16 тыс. км автомобильных дорог с твердым покрытием, что позволило к 1950 г. увеличить их протяженность по сравнению с довоенным периодом в 2,5 раза. Все это привело к значительному росту объема перевозок грузов и пассажиров автомобильным транспортом.

Техническую базу современного автомобильного транспорта составляют: подвижной состав, дороги, автотранспортные предприятия.

Подвижной состав включает автомобили, полуприцепы и прицепы. *Автомобили* как составные самодвижущиеся единицы представляют собой главную и наиболее сложную часть подвижного состава, определяющую технический уровень и экономико-эксплуатационные характеристики всех других элементов оснащения. *Полуприцепы и прицепы* – это безмоторные повозки для грузов и автомобилей.

Производство автомобилей разного класса в мире постоянно растет, особенно в высокоразвитых странах (таблица 4.1), увеличивается и плотность автодорог с твердым покрытием (таблица 4.2).

Т а б л и ц а 4.1 – Парк зарегистрированных автомобилей на конец 1988 года, млн шт.

Страна	Легковые	Грузовые	Автобусы
США	141,0	42,2	0,6
ФРГ	26,2	4,7	0,07
Япония	29,0	9,6	0,2
Италия	23,5	1,9	0,1
Франция	22,3	3,5	0,05

Т а б л и ц а 4.2 – Характеристика шоссейных дорог стран мира

Страна	Протяженность дорог			Плотность шоссейных дорог на 1000 км ² территории
	всего дороги, тыс. км	в том числе с твердым покрытием, тыс. км	в % от общей протяженности дорог	
США (1987)	6235	5637	90,4	665
Франция (1987)	805	742	92,2	1480

ФРГ (1987)	498	447	90,0	2003
Япония (1986)	1127	1127	100,0	3031
Великобритания (1988)	378	366	96,8	1550
Италия (1987)	303	303	100,0	1005

Особенно заметен в последнее время постоянно увеличивающийся выпуск легковых автомобилей. Так, в 1990 году в мире их было произведено 35 688 177, в том числе: в Японии – 10 105 786; в Италии – 1 954 546; в США – 6 068 054; в Испании – 1 797 665; в ФРГ – 4 643 649; в Англии – 1 259 707; во Франции – 2 874 880; в Ю. Корее – 932 808; в СССР – 1 260 169, из них:

- на Волжском автомобильном заводе – 736 055;
- Запорожском автомобильном заводе – 139 000;
- "Ижмаш" – 133 742;
- "АЗЛК" – 106 004;
- Горьковском автомобильном заводе – 72 000;
- Ульяновском автомобильном заводе – 53 450;
- Луцком автозаводе – 16 500;
- Объединении "КамАЗ" – 1 962;
- Серпуховском автозаводе – 1 436;
- ЗИЛе – 20.

В СССР по состоянию на 01.01.91 года парк легковых автомобилей распределялся следующим образом: Россия – 8 436 097; Украина – 3 247 269; Беларусь – 571 515; Узбекистан – 896 035 автомобилей.

На рисунке 4.19 приведены современные легковые автомобили ведущих фирм мира.



Mercedes-Benz E300TD с форсированным дизелем от Turbomotors (Германия)



Новинка 1998 года – Kia Carnival (Корея)





Автомобиль XXI века Toyota Prius с
комбинированной силовой установкой
Гибриды



Volvo S40 (Швеция)

Skoda Felicia (Чехия)

Рисунок 4.19 – Современные легковые автомобили ведущих фирм мира

4.2 Автомобиль в Белоруссии

На дорогах Беларуси первый автомобиль появился в 1895 г. Именно тогда Ковенский округ путей сообщения, в который входили и все белорусские губернии (кроме Могилевской), приобрел "техническую новинку" – автомобиль. Количество их росло довольно быстро, появились они и в личном пользовании. В целом, хотя автомобиль продолжал оставаться экзотикой, он довольно уверенно занял ведущее место в грузовых и пассажирских перевозках на шоссе.

По примеру Ведомства путей сообщения обзавелись новой техникой и другие гражданские учреждения белорусских губерний. Так, в распоряжении минского губернатора был темно-синий "Бенц". Два 25-сильных автомобиля фирмы "Кейс" принадлежали Речицкой уездной земской управе. В 1909 г. Минская община сестер милосердия пыталась приобрести автомобиль для скорой медицинской помощи.

Несмотря на то, что автомобиль являлся дорогим удовольствием, среди владельцев авто в Беларуси начала века можно найти представителей всех слоев общества – от аристократа до крестьянина. Два автомобиля были у Радзивиллов в Несвиже. Две иномарки находились в распоряжении княгини И. Паскевич в Гомельском имении: французский "Рено" (рисунок 4.20) и американский шестицилиндровый "Пео" (судя по записке управляющего, даже в апреле 1918 г. оба они были "в исправном виде и с недостающими частями, разворованными большевиками"). Двумя автомобилями – 50-сильным "Мерседесом", приобретенном в 1912 г., и 20-сильным "Бенцем", купленным годом раньше, владел помещик



Дриссенского уезда И. А. Гребницкий. В Минском уезде автомобилем владел крестьянин Г. Д. Раков, а в Витебском другой крестьянин, Г. А. Терехов, имел автомобиль "Бенц".

Не менее пестрым, чем состав первых владельцев автомобилей, был белорусский автопарк. Начальнику Барановичского участка тяги Полесских железных дорог инженеру Марцинкевичу принадлежал одноцилиндровый трехместный "Бенц" мощностью в 7 л. с. модели 1903 г.

В апреле 1913 г. мощный пятиместный "Бенц" (40 л. с.) приобрел в Риге владелец имения Булавки Полоцкого уезда Е. Е. Рошковский. Прямо в Италии, на заводе фирмы "Фиат" в Турине купил свой 4-местный 50-сильный автомобиль дворянин И. С. Колодеев из Ново-Борисова. На "Фордах" (рисунок 4.21) ездили помещик имения Лучицы Мозырского уезда И. И. Вильсон и владелец борисовской спичечной фабрики "Виктория" Р. Б. Соломонов. Жена полковника А. П. Данилова из Витебского уезда разезжала в приобретенном в 1913 г. в Петербурге 30-сильном "Опеле" (рисунок 4.22).

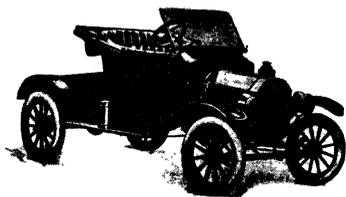


Рисунок 4.21 – Форд. США, 1908 г.

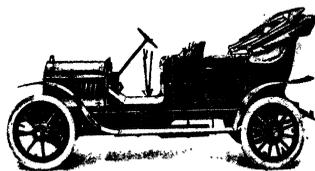
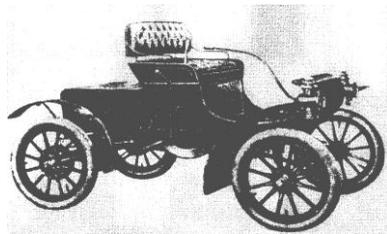


Рисунок 4.22 – Опель. Германия, 1908 г.

На улицах Витебска можно было увидеть 40-сильный "Лорен-Дитрих" (рисунок 4.23) Ш. М. Гальперина, "Даймлер" Ш. Фогельсона, "Панар-Левассор" А. А. фон Цеккеля, "Олдсмобиль" С. Ш. Левина (рисунок 4.24), "Кейс" В. И. Дунина. На французских машинах марки "Берлие" ездили братья Иосиф и Иван Корсаки и полковник М. А. Крыжановский. А отставной офицер К. К. Иванов приобрел в 1913 г. 6-местный "Аргус" производства немецкой фирмы "Комник".



С. П. Войцеховский владел автомобилем одной из самых известных фирм рубежа веков – французской "Дион-Бутон" (рисунок 4.25). В 1883 г. эта фирма начала производство паровых самоходов. А после создания в 1899 г. удачной модели быстрогоходного бензинового двигателя стала устанавливать его на трех- и четырехколесные шасси.

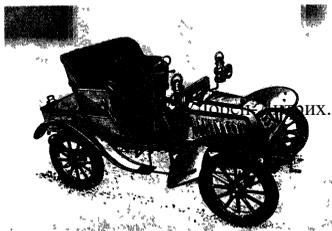


Рисунок 4.25 – Дион-Бутон, который в 1903 г.

В истории мотоцикло- и автомобилестроения произошло событие,

которых масштабах никогда больше не повто-

рялось: 56 фирм, в том числе российские, купили лицензию на право производства трехколесной коляски, и 78 фирм, в том числе и три российские, – на право производства автомобиля.

На заре автомобилизации Беларуси интересную страницу представляет использование автомобиля в качестве общественного транспорта. Похоже, наши предки сразу хорошо поняли: "Автомобиль – не роскошь, а средство передвижения". В 1906 г. минчанин И. Федоров обратился в городскую управу с просьбой разрешить ему перевозку на автомобиле пассажиров. Он же стал виновником и первой известной в Минске автокатастрофы. 20 августа 1906 г. машина на Подгорной улице (ныне ул. К. Маркса) врезалась в телеграфный столб, пассажиров выбросило на мостовую, при этом одного из них смертельно травмировало.

После первого не слишком удачного опыта таксомоторное движение в Минске было возобновлено только осенью 1912 г. К 1914 г. в распоряжении минчан было шесть автомобилей-такси марок "Оверленд", "Дарак", "Олдсмобиль", "Мерседес", "Форд" и "Опель" мощностью от 20 до 35 л. с. Появились и опытные шоферы. Так, с 1 января 1913 г. получил право на перевозку пассажиров минчанин Е. Р. Абрамович, прошедший курс обучения в 1-й Петербургской автомобильной школе. Городская управа назначила специальное место стоянки таксомоторов – у сквера на углу улиц Захарьевской и Петропавловской.

В конце 1913 г. житель Минска Выготский просил разрешение на право эксплуатации автобуса вместимостью 20 человек для перевозки пассажиров по городу и его окрестностям. Весной 1914 г. между центром города и Комаровкой (тогда городской окраиной) начал курсировать шестиместный

маршрутный автомобиль.

Довольно быстро оценили возможности "железного коня" некоторые предприниматели. С июня 1908 г. право "на устройство и эксплуатацию автомобильного предприятия от Пружан до Кобрина, Брест-Литовска, Слонима, Березы и Высоко-Литовска" получил С. Минц. Правда, открыть движение ему тогда не удалось, и в 1914 г. он обратился в Министерство путей сообщения за новым разрешением.

В послереволюционный период были проекты создания крупных автотранспортных хозяйств, где были бы сведены к минимуму накладные расходы и создана надежная служба по обслуживанию и ремонту машин. Однако они не были осуществлены. Небольшое количество получаемых автомобилей волевым порядком распределялось по всему округу. Особенно неэффективно работал грузовой автотранспорт. Грузовые автомобильные перевозки не выдерживали конкуренции с гужевым транспортом, стоимость перевозок которых была значительно ниже – почти в два раза.

Было понятно, что пока автотранспорт был действительно убыточным. Однако это не означало, что автомобили исчезли. Они довольно активно действовали в государственных учреждениях, например, в автоуправлении Минского окружного исполкома, при Могилевском и Оршанском коммунтрестах, Гомельском Автогужтранспорте. Количество пассажирских автобусов все же постепенно увеличивалось, маршруты закреплялись. В Минске известны на то время линии автобусного внутригородского движения: железнодорожный вокзал – Комаровка, Серебрянка – Сторожовка, площадь Свободы – Ляховка, а также загородные маршруты: Минск – Городок, Минск – Логойск, Минск – Березино, Минск – Дрозды.

К концу 1928 г. на территории тогдашней БССР имелось: 139 легковых машин (63 марок), 97 грузовых (43 марок) и 144 специальных (38 марок) – всего 350 (144 марок). Среди этой пестроты белорусского автопарка 20-х годов все чаще стали замечаться грузовые автомобили АМО и легковые – НАМИ (рисунок 4.26).

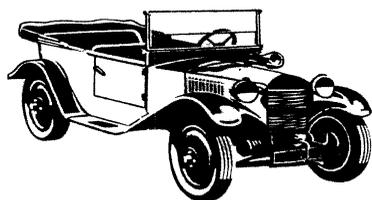


Рисунок 4.26 – Легковой автомобиль НАМИ-1

Со второй половины 20-х годов в Беларусь начали поступать грузовые автомашины (рисунок 4.27) и пассажирские автобусы (рисунок 4.28) Ярославского автозавода. Модели Я-5 и Я-6 отличались полностью закрытой кабиной, электрическим освещением и стартером. Двигатель, правда, был американским – шестицилиндровый "Геркулес".

Постепенно увеличивалось количество автомастерских и гаражей, прежде всего в крупных городах.

Именно с первой пятилетки (начиная с 1928–1929 годов) можно проследить первые шаги становления автомобильной отрасли Беларуси. Оно шло вместе с развитием других хозяйственных сфер – промышленной, аграрной, строительной, добывающей. Этот процесс стимулировался и постоянным повышением бытовых потребностей граждан. Поэтому было очевидно, что развитие автомобильного парка, увеличение хозяйств и активизация их деятельности – лишь вопрос времени.

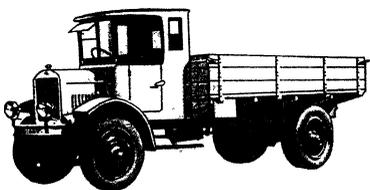


Рисунок 4.29 – Грузовик Ярославского завода Я-3

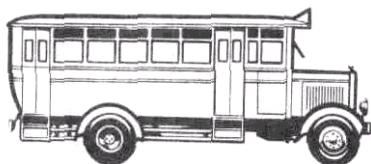


Рисунок 4.28 – Автобус Я-6 с газогенераторной установкой

В предвоенные годы на территории Беларуси появились газогенераторные автомобили ГАЗ-42 (рисунок 4.29), хорошо зарекомендовавшие себя в годы войны. Автомобилю не нужен был бензин: газогенераторная установка работала на древесных чурках и вырабатывала газ, который использовался для работы двигателя.

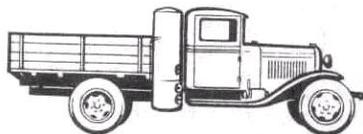


Рисунок 4.29 – Газогенераторный грузовик ГАЗ-42

13 октября 1939 года Совет народных комиссаров БССР своим постановлением № 792 утвердил Положение о Народном комиссариате автомобильного транспорта, возложив на него следующие обязанности:

- руководство подготовкой и переподготовкой инженерно-технических кадров и кадров массовых профессий для автомобильного транспорта БССР (шоферов, ремонтников, автомехаников и др.);
- организацию и руководство использованием автотранспорта, разработку единых нормативов эксплуатации, обслуживания и ремонта автомашин, а также разработку тарифов на перевозку грузов и пассажиров;
- подготовку типовых проектов гаражей, авторемонтных мастерских и других видов автотранспортных предприятий.

В апреле 1974 г. постановлением Совмина БССР "О дальнейшем совершенствовании планирования, экономического стимулирования и управления в Министерстве автомобильного транспорта БССР" автотранспорт общего пользования республики был переведен на полный хозяйственный расчет и самоокупаемость, двухзвенную структуру управления. Министру, руководителям предприятий отрасли этим постановлением расширены права в хозяйственной деятельности, установлены стабильные показатели по отчислению в бюджет и т. д.

Из 170 предприятий и организаций непосредственно министерству было подчинено 11, а руководство остальными осуществлялось через 9 производственных автотранспортных трестов и управлений.

Все это стимулировало интенсивное развитие отрасли. Наряду с улучшением технической базы по ремонту автомобилей разрабатываются и внедряются прогрессивные средства механизации трудоемких процессов, осваиваются новые методы организации перевозок грузов и пассажиров, все шире в планировании и управлении отраслью применяется электронно-вычислительная техника.

К началу 80-х годов перевозки грузов автотранспортом общего пользования осуществлялись с 45 железнодорожных станций, 8 речных портов и 5 аэропортов. В среднем ежедневно централизованно перевозились свыше 30 тысяч тонн грузов. При этом широко начали использоваться такие прогрессивные формы и методы централизованных междугородных перевозок, как перевозка грузов в обменных полуприцепах по принципу: один полуприцеп под погрузкой, второй – в пути, третий – под разгрузкой; перевозка грузов по рациональным маршрутам. Это дало возможность повысить производительность тягачей в 2 – 2,5 раза, ускорить доставку грузов и увеличить пропускную способность складских помещений.

Автомобили, работающие на междугородных перевозках, стали оснащаться аэродинамическими обтекателями, их внедрение позволяло снижать расход топлива и увеличить среднюю эксплуатационную скорость. Немалую роль в повышении объема перевозок сыграло и то, что грузовой автотранспорт республики начал пополняться дизельными автомобилями МАЗ (рисунок 4.30) и КамАЗ (рисунок 4.31), а пассажирский – комфортабельными автобусами большой вместимости "Икарус".

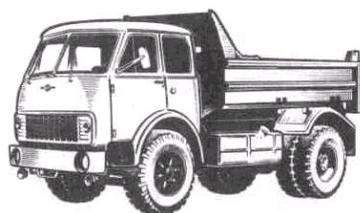


Рисунок 4.30 – Автомобиль МАЗ-5549 кирпича и др.

Однако наибольший экономический эффект от централизованных перевозок получен благодаря их специализации по видам грузов (строительные, промышленные и продовольственные в самом широком ассортименте) и применения специализированного подвижного состава: прицепы, полуприцепы, автопоезда для перевозки силикатного

В 80-х годах белорусским автотранспортникам пришлось работать в чрезвычайно суровых климатических условиях на освоении нефтяных месторождений в Западной Сибири. Спецавтопредприятие



Рисунок 4.31 – Автомобиль КамАЗ-5410

"Белнефтеавтотранс" в Нижневартовском районе Тюменской области РСФСР своим нелегким трудом обеспечивало перевозку грузов при строительстве дорог и нефтяных площадок.

Возрастал объем перевозок и в самой Белоруссии. На междугородных и международных линиях трудились уже тысячи автомобилей различных автохозяйств.

Это потребовало централизации управления магистральными перевозками, что и было проведено в 1979 г. путем создания производственного Управления магистральных перевозок грузов Минавтотранса (ныне концерн "Белмагистральавтотранс").

Интенсификация экономики в 80-е годы обусловила возрастание роли общественного автотранспорта республики. В городском и пригородном движении широко использовались автобусы семейства ЗИЛ (рисунок 4.32). В системе министерства насчитывалось 57 грузовых, 37 пассажирских и 82 смешанных автохозяйства.

Свыше шести тысяч промышленных, строительных, дорожных, снабженческих, торговых и других предприятий и организаций республики пользовались услугами автомобильной отрасли.

Большое внимание уделялось качественному удовлетворению потребностей народного хозяйства в контейнерных перевозках. С этой целью отраслевой наукой разработаны конструкции универсальных контейнеров грузоподъемностью 1,25 и 3 тонны и налажен их выпуск на Бобруйском опытно-механическом заводе (более 1000 контейнеров ежегодно).

Значительная работа была проведена по дальнейшей централизации перевозок, особенно с железнодорожных станций, речных портов (пристаней), оптовых баз и складов сельскохозяйственной продукции в период уборки и заготовки, а также по обслуживанию строительных, дорожных и других предприятий и организаций.

С 1984 г. началась эксплуатация газобаллонных автомобилей, работающих на сжатом природном газе, для чего была построена сеть газонаполнительных станций. В производственном объединении "Минскторгавтотранс" сдали в эксплуатацию малогабаритную автомобильную газонаполнительную станцию (АГНКС) по заправке

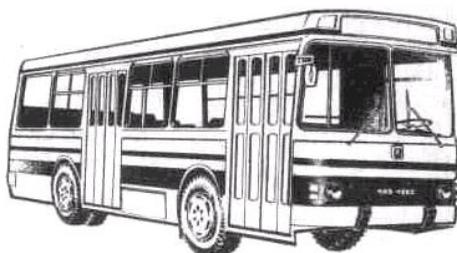


Рисунок 4.32 – Автобус
ЗИЛ-158

автомобилей сжатым природным газом мощностью до 40 заправок в сутки. В Минске в этот же период вошла в эксплуатацию станция общего пользования мощностью 500 заправок в сутки. Одновременно со строительством газонаполнительных станций Министерство провело значительную работу по переоборудованию бензиновых автомобилей в газобаллонные. К концу восьмидесятых в отрасли работало уже 2520 таких автомобилей.

Получило широкое развитие транспортно-экспедиционное обслуживание жителей республики. Особенно возросли объемы перевозок строительных материалов населению, а также по доставке садовых домиков без перегрузочных операций.

На рубеже 80 – 90-х годов оживились грузовые перевозки, осуществляемые автотранспортниками отрасли на территории ряда европейских стран – Венгрии, Чехословакии, Болгарии, Румынии, Австрии, Финляндии, Германии и др. Пассажирский транспорт к середине 80-х годов начинает новый виток в своем развитии. На маршрутах протяженностью более 100 км появились новые автобусы для междугородных перевозок – Икарус-250, ЛАЗ-697, Икарус-255. Ускоренными темпами обновляется подвижной состав, укрепляется производственная база пассажирских автохозяйств.

К 1986 г. автобусы большой и особо большой вместимости, обслуживающие городские маршруты, составляли 97 % парка. В городах Витебске и Могилеве внедряется разработанная специалистами отрасли автоматизированная система контроля и управления движением городских автобусов АСУ-Интервал, в Минске – первая очередь АСДУ-А с охватом 30 % подвижного состава, работающего на линии.

На автомобильных трассах появляются более вместительные автобусы ЛАЗ-699 (рисунок 4.33), Икарус-260, ЛиАЗ-677. В 17 городах республики были созданы диспетчерские станции. В Минске, Бресте, Гомеле, Могилеве, Барановичах, Витебске, Гродно, Бобруйске и Борисове наряду с легковыми таксомоторами пассажиров обслуживают маршрутные таксомоторы-микробусы.

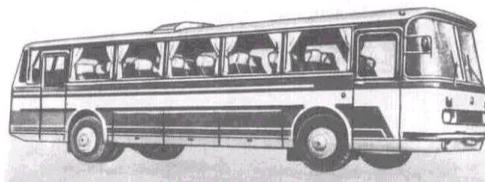


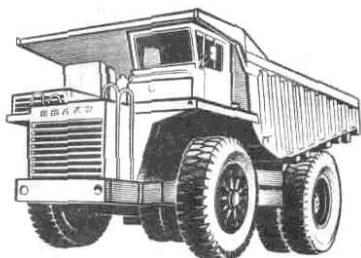
Рисунок 4.33 – Автобус
Львовского завода ЛАЗ-699Р

В городах Витебске и Могилеве в практику вошла система контроля и управления движением городских автобусов АСУ-Интервал.

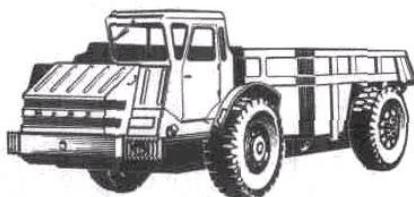
К 1986 г. в республике функционировало 28 автовокзалов, 112 автостанций и 270 автопавильонов с кассами.

К этому времени подвижной состав насчитывал свыше 12 тысяч автобусов и более 3 тысяч таксомоторов, которые были сосредоточены в 42 автобусных и таксомоторных парках, а также в 82 смешанных автомобильных парках.

Промышленность республики освоила производство большегрузных автомобилей (рисунк 4.34).



Карьерный самосвал БелАЗ-549



Автомобиль МоА3-6401, предназначенный для работы в шахтах и рудниках

Рисунок 4.34 – Большегрузные автомобили, выпускаемые в Республике Беларусь

4.3 Классификация перевозок

Автомобильные перевозки – это производственный процесс по перемещению грузов и пассажиров автомобильным транспортом.

По назначению они подразделяются на грузовые и пассажирские.

Грузовые перевозки в зависимости от рода перевозимых грузов бывают тарными, бестарными, контейнерными, пакетными, карьерными и др., а в зависимости от обслуживаемой отрасли могут быть сельскохозяйственными, почтовыми и др.

Пассажирские перевозки делятся на маршрутные (регулярные), в том числе школьные и производственные, и нерегулярные – служебные, заказные, туристско-экскурсионные.

По признаку принадлежности различают перевозки автомобильным транспортом общего пользования, которые выполняются для всех заказчиков и населения, и перевозки для собственных нужд.

По территориальному признаку классифицируются на внутрипроизводственные (технологические) и внехозяйственные перевозки.

Внутрипроизводственные осуществляются на территории хозяйственных организаций – внутри промышленного (включая внутрицеховые перевозки) или сельскохозяйственного предприятия, строительной

площадки, карьера и т.п. Они связаны с технологическим процессом работы предприятия и, как правило, совершаются подвижным составом самого предприятия.

Внехозяйственные перевозки возникают при необходимости грузовой корреспонденции между отдельными предприятиями и организациями. Они подразделяются:

- на *городские* – в пределах черты города или населенного пункта;
- *пригородные* – за пределы города или другого населенного пункта на расстояние до 50 км;
- *междугородные* – за пределы города или другого населенного пункта на расстояние 50 км и более;
- *международные* – с пересечением, по крайней мере, одной государственной границы.

Междугородные перевозки подразделяются на внутри- и межобластные.

При международных пассажирских перевозках выделяют регулярные линии, на которых движение транспорта осуществляется через конкретно указанные интервалы движения по установленным маршрутам с посадкой и высадкой пассажиров на заранее определенных остановках. В утвержденных компетентными органами документах, регулирующих работу на таких линиях, конкретно указываются условия перевозки и, в частности, частота движения по линиям, расписания, тарифы и обязательство по перевозке пассажиров, если такие условия не определены законами, общими правилами, конвенциями или соглашениями.

По организационному признаку различают централизованные и децентрализованные, по способу выполнения – прямые, смешанные и комбинированные перевозки.

По типу подвижного состава грузовые перевозки могут быть на универсальном подвижном составе, на автомобилях-самосвалах, фургонах, цистернах, рефрижераторах, лесовозах и т. д., а пассажирские – на автобусах и легковых автомобилях (такси, служебных, прокатных, личного пользования).

По способу учета и оплаты работы грузовых автомобилей различают перевозки:

- с оплатой по *сдельным тарифам* (учитывается масса грузов и расстояние);
- с оплатой по *повременным тарифам* (учитывается общее время пользования автомобилем и общий пробег);
- *таксомоторные*.

По размеру партий грузов перевозки бывают:

- *массовые* – организационно связанные перевозки больших количеств однородных грузов;

- *партионные* – перевозки грузов партиями, размер которых меньше грузоподъемности наиболее эффективных транспортных средств (менее 24 т);

- *мелкопартионные* – перевозки небольших партий грузов, которые не обеспечивают полную загрузку транспортного средства.

На автомобильном транспорте мелкопартионным грузом считается партия массой до 5 т включительно и объемом менее вместимости кузова автомобиля, оформленная одним товарно-транспортным документом. Под партией грузов (транспортной партией) понимается совокупность однородных грузовых единиц или однородный груз, одновременно перемещаемый или подлежащий перемещению между грузоотправителем и грузополучателем.

По времени освоения перевозки подразделяются:

- на *постоянные* – осуществляемые на протяжении всего года;
- *сезонные* – периодически повторяющиеся в определенное время года;
- *временные* – перевозки эпизодического характера.

Повышение эффективности перевозок возможно за счет рационального выбора подвижного состава, его полной загрузки, сокращения продолжительности простоя под загрузкой и разгрузкой и другими операциями, сокращения непроизводительных пробегов, улучшения использования подвижного состава во времени.

4.4 Организация перевозок грузов

Нормативно-правовой базой деятельности автомобильного транспорта являются законы, уставы, правила, положения, инструкции, двусторонние межправительственные соглашения, международные конвенции и соглашения, условия получения лицензий и разрешений, стандарты, единые и установленные тарифы и другие нормативно-правовые акты, касающиеся транспортной деятельности:

- действующие и находящиеся на рассмотрении законы Республики Беларусь – гражданский Кодекс; таможенный Кодекс; о транспортной деятельности, об автомобильных дорогах; о перевозке опасных грузов; о транспортно-экспедиционной деятельности; о различных видах транспорта;

- декреты и указы Президента Республики Беларусь, постановления правительства по вопросам работы транспорта, положения, правила и инструкции Министерства транспорта и коммуникаций, Проматомнадзора, Государственного таможенного комитета Республики Беларусь и других государственных органов управления;

- правила перевозок грузов автомобильным транспортом в Республике Беларусь;

- правила транспортно-экспедиционной деятельности в Республике Беларусь;

- правила экспедирования грузов при смешанных перевозках;

- правила дорожного движения;

- положение о порядке выдачи субъектам хозяйствования лицензий Министерством транспорта и коммуникаций Республики Беларусь;

- положение о лицензировании Проматомнадзором видов деятельности, осуществляемых субъектами хозяйствования;

- положение о порядке обучения, проверки знаний водителей и специалистов, осуществляющих перевозку опасных грузов автомобильным транспортом;

- положение о регистрации автотранспортных средств, перевозящих опасные грузы;

- система оповещения об инцидентах и авариях с опасными грузами при перевозке их по территории Республики Беларусь автомобильными транспортными средствами и ликвидации этих инцидентов и аварий.

Основанием для выполнения перевозок является срочный договор (контракт) или согласованный разовый заказ. При наличии договора перевозка выполняется по предъявляемым заявкам. Договор на конкретную перевозку оформляется документом – товарно-транспортной накладной формы ТТН-1 или товарно-транспортной накладной на условиях Конвенции CMR (при международных перевозках грузов). Выполнение услуг фиксируется соответствующими записями в перевозочных документах.

Документы подписываются участниками перевозки или уполномоченными ими лицами. Подпись на документе может быть сделана от руки, напечатана в виде факсимиле, перфорирована, проставлена с помощью штампа, в виде символов или с помощью любых иных механических или электронных средств. С согласия сторон документ может быть заменен сообщениями электронного обмена данными. Заказчик должен представить оператору (экспедитору, перевозчику) документы (товарные накладные ТН-2, счет-фактуры, контракты, страховки, сертификаты, свидетельства, лицензии, декларации и т.п.), необходимые для выполнения приема, сдачи груза и его перемещения. Оформление некоторых из вышеуказанных документов может производиться экспедитором (перевозчиком) в качестве платной услуги заказчику.

Лицо, участвующее в перевозках, должно обеспечивать:

- предоставление заказчикам необходимой и достоверной информации о своей деятельности;

- своевременность доставки и сохранность перевозимых грузов;

- максимальное освобождение клиентов от несвойственных им функций в процессе доставки грузов;

- работу по объявленным или экономически обоснованным договорным тарифам с учетом действующих на различных видах транспорта;
- определение сферы использования и внедрения эффективных и новых технологий переработки и перевозки грузов, в том числе в контейнерах, на поддонах, в пакетах;
- правильность заполнения документов;
- перевозку грузов в смешанном сообщении и предоставление транспортно-экспедиторских услуг;
- организацию подгруппировки (сортировки) мелких отправок и формирование унифицированных грузовых единиц на основе использования терминальной и контейнерной технологий перевозок грузов;
- предоставление другим видам транспорта от своего имени или имени грузоотправителя соответствующих заявок на перевозку грузов;
- выписку товарно-транспортных накладных и других перевозочных документов при получении и сдаче грузов на другие виды транспорта, при заводе и вывозе грузов автомобильным транспортом;
- оформление от имени грузополучателя или от своего имени документов на прибывшие грузы;
- своевременное информирование грузоотправителей и грузополучателей о движении и местонахождении грузов;
- выполнение погрузочно-разгрузочных работ, производимых на своих складах и контейнерных пунктах или у заказчика.

Договор на перевозку груза от своего имени заключает с заказчиком экспедитор или оператор смешанных перевозок (ОСП), или перевозчик. Сторона, заключившая договор в качестве перевозчика, несет ответственность за осуществление указанного договора.

Под перевозчиком понимается лицо, которое фактически осуществляет или берет на себя осуществление перевозки или ее части, независимо от того, является ли он в то же время оператором или экспедитором.

Оператор (экспедитор) смешанных перевозок для выполнения в комплексе смешанной перевозки заключает с другими субъектами договора транспортной экспедиции и (или) перевозки.

Договор перевозки – договор, на основании которого оператор, экспедитор или перевозчик за уплату провозных платежей обязуется осуществить или обеспечить осуществление перевозки.

Договор транспортной экспедиции – договор, на основании которого экспедитор обязуется за вознаграждение и за счет отправителя груза заключить от его или своего имени один или несколько договоров перевозки груза и выполнить определенные договором транспортной экспедиции услуги, связанные с организацией и перевозкой груза.

Договор перевозки груза – договор с экспедитором или отправителем, на основании которого перевозчик за вознаграждение и за счет экспедитора или отправителя груза обязуется осуществить перевозку груза и выполнить определенные договором на перевозку услуги, связанные с приемом, перевозкой и сдачей груза.

Документ перевозки – документ, удостоверяющий договор перевозки, принятие груза перевозчиком (оператором смешанной перевозки) в свое ведение, а также его обязательство доставить и сдать груз в соответствии с условиями этого договора.

Грузоотправитель – это любое лицо, которым или от имени которого заключен договор перевозки или с перевозчиком, или с экспедитором, или с оператором и который принимает на себя ответственность за исполнение договора.

Грузополучатель – лицо, правомочное на получение груза.

Груз – это любой товар, представленный к перевозке, который включает любой контейнер, поддон или другое транспортное оборудование или упаковку, если они представлены грузоотправителем к перевозке.

Доставка – выдача грузов грузополучателю или передача их какому-либо органу или иной третьей стороне, которым в соответствии с законом или правилами, применяемыми в месте выдачи груза, он должен быть передан.

Заказчик – грузоотправитель, грузовладелец или любое другое лицо (например, экспедитор), которым или от имени которого заключен договор с оператором, экспедитором или перевозчиком на выполнение перевозок и транспортно-экспедиционных услуг.

Письменная форма означает письмо, телеграмму, телекс, электронные документы.

К перевозке на общих основаниях не принимаются грузы опасные, тяжеловесные (массой более 20 т), негабаритные (при превышении хотя бы одного из размеров: 2,5 м высота и ширина, 12 м длина), а также запрещенные к перевозке на автомобильном транспорте, если иное не оговорено договорами.

Срочный (годовой) договор включает предмет договора, условия выполнения перевозок и услуг, обязанности перевозчика и заказчика, порядок расчетов за перевозки и услуги, ответственность сторон, форс-мажорные обстоятельства, сроки действия, порядок расторжения и юридические адреса сторон. В договоре устанавливаются объемы перевозок по номенклатуре объектов, объемы работ по видам тарифных схем, режим работы по приему и выдаче грузов, обеспечение сохранности объектов перевозок, выполнение погрузочно-разгрузочных работ, требуемые типы подвижного состава, согласованные маршруты перевозок, взаимная имущественная ответственность за невыполнение или ненадлежащее

выполнение обязательств. В некоторых случаях перевозчики могут заключать трехсторонние договоры на перевозки грузов с грузоотправителями и грузополучателями. Порядок заключения договора определяется законодательством Республики Беларусь и действующими международными конвенциями, соглашениями и договорами.

Заявки и разовые заказы принимаются, как правило, за 48 ч до заявленного времени начала перевозок. Заказ должен быть в письменном виде. Перевозчик (экспедитор) имеет право не принимать исполнение заявки или разового заказа, представленного после установленного срока или не по установленной форме, а также без данных, необходимых для выполнения перевозок. В этом случае перевозчик не несет ответственности за невыполнение установленных договором объемов перевозок.

Типы и число автомобилей, необходимых для перевозок, определяются перевозчиком по согласованию с заказчиком в зависимости от объема и характера перевозок. Перевозчик должен подавать технически исправный, пригодный для перевозок подвижной состав в установленные сроки по всем пунктам погрузки и выгрузки. Подача неисправного или непригодного для перевозок подвижного состава приравнивается к неподаче транспортных средств. Отказ грузоотправителя от поданного подвижного состава оформляется актом установленной формы.

Перевозчик обязан осуществлять перевозки по кратчайшим маршрутам, открытым для движения автомобилей, за исключением случаев, когда по дорожным условиям более рациональна перевозка с увеличенным пробегом; при приеме заявки (заказа) вопрос должен быть согласован.

Централизованные перевозки. На автомобильном транспорте различают две формы организации перевозок грузов – децентрализованную и централизованную.

При децентрализованных перевозках грузополучатели вывозят груз от грузоотправителя собственным или заказанным транспортом без согласования очередности перевозок и работы транспорта других грузополучателей. При этом они используют штат собственных грузчиков, экспедиторов, агентов по снабжению и др.

Однако при такой форме перевозок на автомобильном транспорте возникают большие непроизводительные затраты, а кроме того, она не способствует развитию перевозок транспортом общего пользования.

В 80-х – 90-х годах широко применялась более прогрессивная система организации перевозки грузов – *централизованная* (в настоящее время в связи с падением объемов перевозок она встречается реже). Автомобильное транспортное предприятие (организация) в соответствии с договором, заключенным с грузоотправителем или грузополучателем, своим подвижным составом или, осуществляя единое оперативное руководство,

подвижным составом нескольких автотранспортных предприятий перевозит грузы с транспортно-экспедиционным обслуживанием по согласованным графикам. При этом АТП доставляет грузы данного грузоотправителя всем грузополучателям или завозит их данному грузополучателю от всех грузоотправителей.

Признаками централизованных перевозок являются также строгое распределение обязанностей между клиентурой и автомобильным транспортным органом, осуществление всех расчетов за перевозки со стороны, заключившей договор.

При централизованных перевозках погрузка грузов, их маркировка, затаривание, закрепление на подвижном составе выполняются грузоотправителями, перевозка грузов и их экспедирование – транспортной организацией, выгрузка – грузополучателями. Экспедирование включает прием грузов, сопровождение их в пути, сдачу и оформление товарно-транспортных документов.

Сосредоточение всех перевозок грузов одного поставщика в одной транспортной организации, доставка их по заранее установленным графикам позволяют улучшить использование подвижного состава, повысить производительность труда на всех стадиях процесса перемещения и освободить грузоотправителей и грузополучателей от решения вопросов транспортирования грузов.

При централизованных перевозках грузов достигается:

- заинтересованность грузоотправителей и грузополучателей в своевременном выполнении погрузочно-разгрузочных работ;
- сокращение числа грузчиков и экспедиторов, что позволяет повысить производительность труда на производстве (кроме транспорта);
- повышение эффективности и возможность контейнерных и пакетных перевозок, так как ускоряется оборачиваемость и сохранность контейнеров и средств пакетирования и имеется возможность их механизированной погрузки-выгрузки;
- рост эффективности перевозок за счёт механизации погрузочно-разгрузочных работ;
- рост производительности подвижного состава за счёт сокращения простоев под погрузкой-разгрузкой и в ожидании этих операций, увеличения грузоподъемности используемых автомобилей для перевозок укрупненных партий грузов, совершенствования оперативного планирования и взаимной увязки перевозок и, соответственно, увеличения коэффициента использования пробега, приспособленности подвижного состава к данным перевозкам (специализация, дооснащение) и, соответственно, увеличения коэффициента использования грузоподъемности и снижения простоев под погрузкой-разгрузкой.

Организация междугородных перевозок грузов. К междугородным автомобильным перевозкам грузов относятся перевозки за пределы черты города (другого населенного пункта) на расстояние более 50 км.

Регулярные междугородные перевозки осуществляются по графикам движения автомобильных транспортных средств, согласованным между транспортно-экспедиционными предприятиями (ТЭП), а также ТЭП и грузоотправителями (грузополучателями), нерегулярные – по разовым заказам грузоотправителей (грузополучателей).

По территориальному признаку междугородные перевозки подразделяются на внутриобластные и межобластные.

Организация междугородных перевозок грузов для предприятий, организаций и учреждений, а также загрузка следующих в попутном направлении порожних грузовых автомобилей выполняется транспортно-экспедиционными предприятиями, конторами, агентствами, грузовыми автомобильными станциями, диспетчерскими пунктами.

Они принимают грузы к перевозке с материальной ответственностью за сохранность; доставляют мелкие отправки грузов, в том числе в контейнерах, на свои терминалы (склады) и контейнерные пункты и склады получателей; обеспечивают работой подвижной состав перевозчиков; информируют грузоотправителей о подаче подвижного состава под загрузку и грузополучателей о сроках прибытия грузов в их адрес; кратковременно хранят и подгруппировывают принятые к перевозке мелкие отправки и грузы в контейнерах по направлениям и пунктам назначения; экспедируют грузы при перевозках; оформляют документы и производят расчеты, связанные с приемом и выдачей, хранением, перевозкой грузов и выполнением транспортно-экспедиционных операций; грузят грузы и контейнеры на автомобили и разгружают на складах и контейнерных пунктах; кратковременно охраняют подвижной состав и грузы; организуют отдых водителей, выполняющих междугородные перевозки.

Транспортно-экспедиционные предприятия (терминалы, автостанции) организуются в городах и промышленных центрах на выходах к автомобильным дорогам, у станций железных дорог, портов и пристаней.

Они должны иметь:

- складские помещения и навесы (терминалы) для краткосрочного хранения и подгруппировки мелких партий грузов;
- контейнерные пункты;
- охраняемые площадки для стоянки подвижного состава и перецепки прицепов и полуприцепов;
- средства механизации для выполнения погрузочно-разгрузочных работ на своих складах;
- телефонную связь;

- служебные помещения для размещения обслуживающего персонала;
- комнаты отдыха для водителей.

Основные задачи транспортно-экспедиционных предприятий: организация и осуществление регулярных междугородных перевозок; выполнение транспортно-экспедиционных операций, связанных с ними; загрузка автомобилей в попутном направлении.

Транспортно-экспедиционные предприятия информируют друг друга о числе, типах и загрузке отправляемого подвижного состава, что позволяет подготовиться к приему мелких отправок грузов на склад грузовой автомобильной станции, проинформировать грузополучателей о прибытии в их адрес груза и предварительно спланировать обратную загрузку автомобилей.

Транспортно-экспедиционные предприятия перевозят груз собственным подвижным составом или составом других перевозчиков, привлекаемых на условиях договоров, по разовым заказам или при обратной загрузке.

К перевозке в междугородном сообщении принимаются грузы на основании договоров и по отдельным разовым заказам. Экспедитор определяет, кто из перевозчиков и каким подвижным составом будет выполнять перевозки в прямом и обратном направлениях.

Транспортно-экспедиционные предприятия и перевозчики несут ответственность за сроки доставки груза и обеспечение обратной загрузки автомобилей, прибывающих к ним по согласованным графикам. При отсутствии обратного груза экспедитор загружает автомобиль перевозчика через ближайший пункт загрузки или на ближайший пункт от места приписки автомобиля, о чем делается соответствующая запись в путевом листе водителя. Во всех пунктах, куда адресован автомобиль за получением или для сдачи груза, должны делаться отметки о прибытии и убытии автомобиля.

Водитель, выполняющий междугородную перевозку груза, по прибытию в пункт загрузки обязан немедленно уведомить экспедитора об этом и получить указание о том, куда следует явиться за получением документов для загрузки в обратном направлении. После загрузки он должен поставить в известность экспедитора об отправлении в рейс.

Регулярные междугородные перевозки грузов осуществляются:

- по маятниковой системе (с перецепкой полуприцепов на конечных пунктах);
- системе тяговых плеч (перецепкой полуприцепов на промежуточных и конечных пунктах);
- сквозной системе в соответствии со взаимно согласованными с грузоотправителями и грузополучателями графиками опарвления и прибытия автомобилей;

- сборочно-развозочным маршрутам при перевозке контейнеров и мелких партий грузов.

Междугородные перевозки выполняются, как правило, автомобилями и автопоездами большой и особо большой грузоподъемности (до 30 т). Автомобили-тягачи должны иметь повышенные скоростные свойства, запас хода по топливу, надежность, топливную экономичность, комфортабельность кабины, оборудованной спальным местом. При перевозке, требующей особых условий, могут использоваться автомобили малой и средней грузоподъемности.

Перевозки могут осуществляться с указанием срока доставки. При задержке грузов в пути следования административными органами, ветеринарными, фитосанитарными, медицинскими или другими службами по вине заказчика транспорта срок доставки удлиняется на время задержки.

Перевозка грузов мелкими отправлениями осуществляется между пунктами, имеющими подгруппировочные склады (терминалы). При этом завоз и вывоз по складам может производиться как перевозчиком (экспедитором), так и грузоотправителем (грузополучателем). Мелкие отправки грузов принимаются к перевозке соответствующим образом упакованные и замаркированные.

Организация международных перевозок грузов. Международные перевозки грузов выполняются юридическими и физическими лицами – субъектами хозяйствования Республики Беларусь, которые получили лицензию на определенный вид деятельности (экспедирование, перевозки).

Перевозчики (экспедиторы) принимают грузы к перевозке на основании срочных договоров (контрактов) и по разовым заказам.

На международные перевозки государства обмениваются разрешениями или устанавливают порядок, когда разрешения не требуются. Разрешения бывают универсальные (двусторонние, транзитные, в третьи страны) и специальные (перевозка с превышением предельных параметров транспортного средства по габаритам, полной массе, осевым нагрузкам; перевозка особо опасных грузов).

Международные перевозки выполняются на основе двусторонних межправительственных соглашений, а также действующих международных конвенций и соглашений. Разработкой последних занимается Комитет по внутреннему транспорту Европейской экономической комиссии ООН (КВТ ЕЭК ООН).

Договор международной перевозки грузов автомобильным транспортом оформляется товарно-транспортной накладной (ТТН) на условиях Конвенции о договоре международной дорожной перевозки грузов (Конвенция *CMR*). Грузоотправитель обязан приложить к ТТН документы, необходимые для списания и оприходования груза, таможенных и

других формальностей (отгрузочная спецификация, счет-фактура, контракт на поставку, свидетельства и сертификаты качества, соответствия, ветеринарные, фитосанитарные, медико-санитарные, происхождения и др.).

Режим труда и отдыха и требования к водителям определяются Европейским соглашением, касающимся работы экипажей транспортных средств, производящих международные автомобильные перевозки (*AETR*).

При международных перевозках применяется в основном сквозное движение при одиночной или турной езде водителей. На нашей территории (после прохождения погранпереходов) может производиться перецепка полуприцепов с последующим транспортированием их водителями, специализирующимися на междугородных перевозках грузов, или применяться сменная система работы. При срочных дальних перевозках может применяться сменная езда. Транспортирование грузов на нашей территории другими водителями обусловливается тем, что месячный фонд рабочего времени водителей, имеющих специальную подготовку и обеспеченных иностранными визами, целесообразно использовать на территории иностранных государств. Четкая работа по такой системе возможна лишь при наличии в районе пограничных пунктов фирм, занимающихся международными перевозками.

При перевозке опасных грузов руководствуются Европейским соглашением о международной дорожной перевозке опасных грузов (*ADR*), а при перевозке скоропортящихся пищевых продуктов – Соглашением о международных перевозках скоропортящихся пищевых продуктов и о специальных транспортных средствах, предназначенных для этих перевозок (*АТР*).

Основным подвижным составом для международных перевозок грузов являются автопоезда (полная масса 40–44 т, грузоподъемность 24–30 т) в составе двухосных седельных тягачей и трехосных полуприцепов с различными типами кузовов. Автомобили должны соответствовать международным требованиям по экологии, быть оборудованы контрольными устройствами (если требуется водительская категория С-Е), а также отвечать ряду требований к конструкции согласно Конвенции о дорожном движении и другим нормативам.

Перевозки грузовыми таксомоторами. Грузовые таксомоторы (грузотакси) предназначены для перевозки мелких партий грузов во внутригородском и пригородном сообщениях по разовым заказам предприятий, организаций и населения.

Разовые заказы на обслуживание грузовыми таксомоторами принимаются от заказчиков (предприятий и организаций и населения). Перевозка может производиться по безналичному и наличному расчету.

Заказать автомобиль можно как на несколько часов, так и на весь рабочий день. Отказаться от заказа разрешается не позднее 12 ч дня, предшествующего перевозке.

Грузотакси подаётся в течение одного часа от времени, указанного в заказе. Простои по требованию заказчика, не связанные с выполнением погрузочно-разгрузочных работ, – не более одного часа за всё время перевозки.

Автомобиль следует к месту подачи с выключенным таксометром. Последний включается только по прибытию к заказчику и выключается после выполнения заказа. Ответственный за оформление записывает в путевом листе о времени прибытия (убытия), расписывается и ставит штамп организации. После окончания работы он проставляет сумму (прописью), показанную на счётчике.

Погрузку, выгрузку и сопровождение груза осуществляет заказчик грузотакси.

4.5 Организация пассажирских перевозок

Нормативной базой при пассажирских перевозках автомобильным транспортом являются ранее указанные основополагающие документы: Конвенция о международных автомобильных перевозках пассажиров и багажа, Правила перевозок пассажиров и багажа автомобильным транспортом в международном сообщении государств-участников Содружества Независимых Государств, Правила перевозок пассажиров автобусным транспортом в Республике Беларусь, Правила перевозок пассажиров автомобилями-такси в Республике Беларусь, а также правила пользования городским пассажирским транспортом в отдельных городах.

Пассажирский автомобильный транспорт является одним из основных видов пассажирского транспорта страны. Он удовлетворяет транспортные потребности городского и сельского населения, обеспечивая массовые и индивидуальные перевозки пассажиров парком автобусов и легковых автомобилей.

Развитие пассажирского транспорта, более полное удовлетворение потребностей в перевозках оказывают значительное влияние на использование свободного времени трудящихся и производительность их труда. Поэтому проблема пассажирского автомобильного транспорта является важной частью программы социального развития. Успешное ее решение зависит от степени совершенства и обоснованности системы перевозочного процесса, обеспечивающей главное звено и конечную цель эксплуатационной деятельности пассажирского транспорта.

Пассажи́рские автомоби́льные перево́зки подразделяются:

- по территориальному признаку – на городские, пригородные, междугородные (внутриобластные, межобластные и межреспубликанские) и международные; выделяются сельские перевозки, связывающие сельские населенные пункты между собой и с другими пунктами;
- по виду транспортных средств – на автобусные и перевозки легковыми автомобилями;
- по назначению – на маршрутные для общего пользования (регулярные линии), туристско-экскурсионные, школьные (перевозки учащихся), служебные и индивидуальные.

Наибольший удельный вес в пассажирских перевозках автомобильным транспортом занимают автобусные перевозки, так как автобус является одним из основных видов массового городского транспорта, а в малых городах – единственным.

Перевозки пассажиров легковыми автотранспортом осуществляются на таксомоторах (автомобилях-такси), служебных, прокатных и личных автомобилях.

Таксомоторные перевозки получили широкое распространение в нашей стране как наиболее быстрые и удобные. Автомобили-такси не заменяют, а дополняют маршрутизированный городской транспорт, поскольку они используются главным образом для срочных перевозок, требующих доставки пассажира "от двери к двери", для поездок пассажиров с багажом, перевозок в районах, где нет маршрутного городского транспорта, или в те часы, когда этот транспорт не работает.

Особенностью эксплуатации автомобилей-такси является высокая интенсивность их использования (13-14 ч в сутки с пробегом 200–300 км) в напряженных условиях городского движения.

Главное условие таксомоторных перевозок – быстрое предоставление автомобиля-такси пассажиру. Этого можно достигнуть выбором правильного режима работы автомобилей-такси на линии, рациональным распределением их стоянок на территории города и хорошо налаженной диспетчерской связью.

Работа наиболее производительна в тех случаях, когда число такси на линии соответствует спросу населения, поэтому график выпуска автомобилей-такси на линию должен соответствовать графику спроса.

Стоянки такси чаще всего устраивают в наиболее оживленных местах. Чем больше число стоянок автомобилей-такси в городе, тем меньше пассажир тратит времени на поиск, тем короче холостые пробеги у такси и тем быстрее может быть организована их подача по телефонному вызову.

В местах большого скопления автомобилей и большого пассажиропотока (у вокзалов, театров и т. д.) устраивают посадочные

площадки, куда подаются автомобили-такси. Выбор места стоянки, а также расстановка на ней автомобилей должны обеспечивать наибольшие удобства (небольшое расстояние пешего подхода, отсутствие пересечений транспортных потоков), возможность быстрого выезда и установки автомобиля на стоянку с наименьшим числом маневров и передвижений во время ожиданий пассажира, а также четкую очередность отправления.

Стоянки обозначают указателями, оборудуют средствами связи с диспетчерскими пунктами и сигнализационными устройствами. Обоснование места расположения стоянок автомобилей-такси только примерной ориентацией на места наибольшего "спроса" недостаточно. Расположение их в городе, интервал подхода автомобилей и число автомобилей, одновременно находящихся на них, должны определяться на основе наблюдений и статистической обработки данных об образовании пассажиропотоков. Количественная характеристика этого процесса может быть выражена математически с учетом зависимости от времени суток. Таким образом, могут быть установлены математические параметры "спроса". Критерии эффективности получаемого решения могут быть различные: по времени ожидания и другим показателям, характеризующим удовлетворение спроса пассажиров на автомобили-такси, по холостым пробегам и затратам времени для подъезда к стоянкам, по стоимостным показателям.

Маршруты движения при перевозках пассажиров. Маршрут является основной формой организации движения между двумя пунктами. Маршруты, по которым осуществляется движение автобусов по городу, имеют установленные обозначения в виде номера (иногда букв) в зависимости от трассы следования или режима работы. Типы городских маршрутов определяются также расположением их относительно центральной части города.

Открытие новых регулярных автобусных маршрутов производится:

- *в городском и пригородном сообщении* – городскими и районными исполнительными комитетами;
- *междугородном в пределах области* – областными исполнительными комитетами;
- *междугородном межобластном* – Министерством транспорта и коммуникаций;
- *международном* – Министерством транспорта и коммуникаций совместно с органами государственного управления автомобильным транспортом других государств, по территории которых проходит маршрут. В работе по организации открытия маршрута участвует перевозчик, который будет выполнять перевозки на маршруте. В случае принятия

решения по открытию маршрута составляется его паспорт, разрабатывается расписание движения автобусов.

Радиальные маршруты – маршруты, проходящие с окраинной или пригородной зоны города и оканчивающиеся в центральной. Они обеспечивают наибольшие пассажиропотоки.

Диаметральные маршруты – маршруты, которые начинаются и заканчиваются за пределами центральной части города, но пересекают центральную часть города отдельными участками, что способствует рациональной перевозке пассажиров.

Тангенциальные маршруты – маршруты, проходящие по трассам, минуя центральную часть города. Они организуются в городах с населением более 200 тыс. человек, при расположении промышленных предприятий и жилых районов города в периферийной зоне относительно центра города.

Кольцевые маршруты образуются из соединения нескольких тангенциальных и обслуживают участки с большими пассажиропотоками на направлениях, обходящих центр города. Конечные пункты кольцевых маршрутов назначаются на участках с минимальными пассажиропотоками, возможна организация движения с одним конечным пунктом на маршруте.

Маршруты, в зависимости от **длительности и времени их работы**, можно разделить:

- *на основные* – автобусы работают в течение двух смен;
- *ночные* – автобусы работают только в ночное время;
- *дневные* – с укороченным рабочим днем (до 19-20 ч) или только в часы пик, по обслуживанию участков транспортной сети со значительным пассажиропотоком;
- *дополнительные* – только по разовому обслуживанию в часы организации зрелищных мероприятий, а также вывоза населения в зоны массового отдыха и т.д.;
- *производственные* – завоз (вывоз) рабочих смен крупных предприятий непосредственно перед началом и окончанием смены.

В целях снижения затрат времени пассажиров на поездки и повышения эффективности использования подвижного состава могут организовываться *скоростные* и *экспрессные* маршруты (рейсы), при выполнении которых автобусы останавливаются на остановочных пунктах маршрута, имеющих значительный пассажиропоток. При сокращении времени пассажиров на поездки до 20-25 % повышается производительность подвижного состава за счет увеличения его оборачиваемости (на 10-20 %), снижается себестоимость перевозок, уменьшается расход топлива (на 3-5 %).

По **методам контроля и управления** движением маршруты можно разделить на три категории:

первая – интервал движения в часы пик свыше 15 мин. Движение организуется по расписанию, которое доводится до пассажиров на всех остановочных пунктах маршрута, что дает возможность при больших интервалах планировать свой подход к остановке. Качество обслуживания пассажиров оценивается по проценту выполнения рейсов и точности движения. Из управляющих воздействий возможны только замены графика при сходе автобуса с маршрута;

вторая – интервал движения в часы пик 6–15 мин. Движение осуществляется по расписаниям, которые в зависимости от возмущающих воздействий – сходов, опозданий, погодных условий – могут изменяться по отдельным автобусам или всем работающим на маршруте. Качество обслуживания пассажиров оценивается по регулярности, индивидуальная работа водителей – по точности движения. Возможны управляющие воздействия: при сходе автобуса – направление резерва, переключение с маршрута на маршрут и раздвижка интервалов; при опоздании с прибытием на конечные пункты маршрута – проезд части маршрута без остановок, направление в укороченный или экспрессный рейс; при переходе на оперативный интервал – пересчет расписания движения в реальном масштабе времени;

третья – интервал движения в часы пик 2–6 мин. Качество обслуживания пассажиров и работы водителей оценивается по регулярности движения. На этих маршрутах возможны только бригадная форма работы с коллективной ответственностью и управляющие воздействия, связанные со сходом автобуса с маршрута и переходом на оперативный интервал.

Важность постоянных транспортных связей между отдельными районами города служит основой для создания маршрутной сети города. При обслуживании населения несколькими видами транспорта эта сеть является совокупностью их маршрутов.

Основным документом, характеризующим автобусный маршрут, является **паспорт**, который составляют по утвержденной форме на действующие и вновь открываемые автобусные маршруты различных сообщений. До оформления паспорта движение автобусов не разрешается. Паспорт маршрута должен быть у каждого перевозчика, работающего на маршруте, и у утверждающей организации. Возникающие изменения вносят в соответствующие разделы паспорта и схему маршрута, выдаваемую водителю.

Паспорт маршрута содержит:

- общие сведения (наименование по конечным пунктам, присвоенный номер, вид маршрута, дата составления, протяженность, сезонность работы, дата открытия и основание, дата закрытия и основание);

- схему маршрута с указанием линейных и дорожных сооружений (пункты на трассе пути следования с указанием автовокзалов, автобусных станций и павильонов, билетных касс, диспетчерских пунктов и топливозаправочных пунктов, станций технического обслуживания, тарифных остановок, нетарифных остановок, остановок по требованию, погранпереходов);

- акт замера протяженности маршрута (в прямом и обратном направлениях расстояние между остановочными пунктами и от начального пункта);

- таблицу расстояний между остановочными пунктами маршрута и номера поясов, определяющих стоимость проезда и провоза багажа между остановочными пунктами;

- характеристику дороги на маршруте (название дорог, категория, ширина проезжей части, тип и состояние покрытия по участкам с указанием их протяженности), сведения о трассе маршрута (мосты, их местонахождение и грузоподъемность, железнодорожные переезды, их местонахождение и вид, наличие съездных площадок на остановочных пунктах, наличие разворотных площадок на конечных пунктах);

- характеристику автобусных станций, автопавильонов и диспетчерских пунктов;

- тарификацию маршрута;

- типы применяемого подвижного состава; сведения о перевозчике или перевозчиках (наименование, юридический адрес, телефоны, номер лицензии на данный вид перевозок, дата ее получения, кем выдана и срок действия; начало и окончание движения автобусов на линии, интервалы движения по периодам суток и дням недели (обычные, субботные, воскресные);

- время начала и окончания работы основных предприятий и организаций, расположенных вблизи маршрута.

Паспорт подписывается составителем, согласовывается с дорожными органами, органами Государственной автомобильной инспекции и утверждается органом, разрешающим открытие маршрута. К паспорту прикладываются расписания движения на маршруте подвижного состава.

Дорожные условия обследуют на автомобиле с тарированным спидометром или с помощью передвижной лаборатории, отмечают недостатки в благоустройстве дорог и опасные для движения места, определяют остановочные пункты автобусов и расстояния между ними (с точностью до одной десятой километра). При обследовании используют сведения, содержащиеся в паспорте автомобильной дороги.

Отличительные знаки, указатели и схемы маршрутов, а также информационные таблички подвижного состава пассажирского

автомобильного транспорта должны соответствовать стандартам (техническим условиям).

Отличительный знак легковых таксомоторов и маршрутных такси представляет собой изображение черных или белых квадратов, расположенных в шахматном порядке.

Указатели маршрута в зависимости от места их расположения могут быть передними, боковыми и задними.

Организация движения автобусов. Работа автобусов на маршрутах организуется по расписанию. Маршрутное расписание движения является документом, составленным с учетом потребности в пассажирских перевозках, и должно обеспечивать качественное обслуживание населения, эффективное для данного объема перевозок использование подвижного состава с учетом нормальных условий труда и отдыха водителей.

Расписание движения подразделяется на жесткое и переменное. Жесткое расписание не подлежит изменению в течение суток и применяется на маршрутах с разными интервалами движения. По этому расписанию работают все маршруты пригородного и междугородного сообщений, а также городские маршруты первой категории с плановыми интервалами движения в часы пик свыше 15 мин. Компенсация опоздания с прибытием на конечные пункты маршрута в связи с изменением условий движения производится только за счет сокращения времени отстоя, которое принимается в зависимости от времени оборота и других факторов.

Плановое время прохождения определяется по каждому остановочному пункту маршрута.

Переменное расписание может оперативно изменяться в течение суток для группы автобусов, работающих на маршруте, или для всех автобусов. Оно обеспечивает движение автобусов на городских маршрутах второй и третьей категорий (интервал до 15 мин). Информация о плановом интервале движения по каждому периоду суток доводится до пассажиров на всех остановочных пунктах маршрута.

Составление расписания движения автобусов производят вручную или автоматизированным способом на ЭВМ.

Ручной метод, в свою очередь, делится на графический и табличный. В первом случае расписание времени прохождения автобусами остановочных пунктов маршрута представляется в виде графика в системе координат времени и расстояния, что позволяет наглядно увидеть равномерность изменения интервалов движения за сутки, удобно спланировать укороченные рейсы относительно основных, решить задачи подключения или снятия автобуса с промежуточного остановочного пункта маршрута. К недостаткам графического метода следует отнести трудности составления расписания при дифференцированных (по периодам суток) нормах

скоростей движения и необходимость отмечать в таблице прохождение контрольных пунктов.

При табличном методе составления расписания в специальную форму по вертикали вписывают номера выходов (графиков), а по горизонтали – для каждого рейса отмечают время прибытия и отправления по конечным пунктам маршрута. По данным формы определяются время рейса и интервал движения автобуса. К преимуществам табличного метода следует отнести: более полный учет дифференцированных норм скоростей движения; непосредственное использование сводного расписания при выписке расписания для каждого водителя. Недостатками метода являются: отсутствие наглядности, что затрудняет оценку качества по равномерности интервала движения; большой объем арифметических расчетов. Графический метод эффективнее использовать в малых городах при больших интервалах движения, табличный – в более крупных городах.

Автоматизированный метод облегчает расчет сводного маршрутного расписания, водительских и диспетчерских расписаний, а также технико-эксплуатационных показателей. Он основан на использовании ЭВМ. В качестве основного критерия при составлении расписания может быть принято достижение требуемых интервалов движения по часам суток.

Линейные сооружения. Для создания необходимых условий пребывания пассажиров в местах ожидания автомобильную линию пассажирских сообщений оборудуют автовокзалами, пассажирскими станциями, автопавильонами, кемпингами, мотелями и родтелями.

Автовокзал представляет собой комплекс сооружений, обеспечивающих обслуживание пассажиров, автобусных бригад и автобусов. Строят их на конечных пунктах автомобильной линии и в крупных транспортных узлах.

Автовокзалы должны иметь: посадочные площадки; залы ожидания; билетные кассы; камеры хранения багажа и ручной клади; помещения для приема и выдачи багажа; гостиницы; рестораны; буфеты; читальные залы; комнаты матери и ребенка и другие бытовые помещения. Для автобусных бригад предусматривают служебные помещения и комнаты отдыха. На автовокзалах обслуживают и транзитных пассажиров по смешанным перевозкам (автобусы – железная дорога, речной и морской транспорт).

Пассажирские станции строят на остановках автомобильной линии. Это сооружения со всеми необходимыми помещениями для обслуживания пассажиров, автобусных бригад и автобусов. На некоторых пассажирских станциях устраивают гостиницы для отдыха пассажиров.

Автопавильоны для ожидающих пассажиров строят на пассажирских линиях небольшой протяженности. В павильоне размещают комнату для ожидания, билетную кассу и иногда служебные помещения.

Значительное развитие получили международные кемпинги и мотели, а также международный прокат легковых автомобилей.

Кемпингом называется лагерь, который служит для ночлега или непродолжительного пребывания туристов, приехавших на автомобилях.

Мотель— это гостиница, приспособленная для автомобилистов. В мотелях предусмотрены гаражи, площадки для стоянки автомобилей, места для их технического обслуживания.

Родтелем (дорожный отель, отель на колесах) называется комбинированный пассажирский автопоезд (или несколько автопоездов), в котором, кроме обычных пассажирских мест, имеются спальные, развертываемые в местах ночлега, а также кухня на колесах.

Информационное обеспечение остановочных пунктов подвижного состава и станций пассажирского транспорта должно отвечать требованиям стандартов или технических условий.

4.6 Служба перевозок автотранспортного предприятия

Основные задачи службы перевозок – организация и осуществление перевозок грузов и пассажиров с обеспечением принятых договорных обязательств при наиболее эффективном использовании подвижного состава.

Диспетчерская группа отдела эксплуатации занимается оперативным сменно-суточным планированием, выписывает и выдает путевые листы и товарно-транспортные накладные (ТТН), обеспечивает выпуск подвижного состава на линию и прием его по возвращении, принимает путевые листы и ТТН, координирует работу автомобилей на линии, составляет сменно-суточный отчет о выпуске на линию и суточный отчет о работе автомобилей.

Группа обработки товарно-транспортных документов заполняет путевые листы и товарно-транспортные накладные на предприятии и ведет их обработку.

Группа приема заявок (заказов) принимает заявки и заказы на перевозки грузов и пользование автомобилями.

Группа суточного планирования перевозок на основании данных группы приема заявок (заказов) разрабатывает сменно-суточный план (наряд-приказ) на работу автомобилей.

Коммерческая группа производит изучение грузопотоков, состояние подъездных путей и погрузочно-разгрузочных пунктов, заключает договоры (контракты) на перевозку грузов, аренду автомобилей, транспортно-экспедиционную деятельность и другие транспортные услуги. Она также занимается долгосрочным и краткосрочным планированием перевозок грузов, учетом и анализом выполнения перевозок.

Группа контейнерных перевозок организует контейнерные перевозки (завоз, вывоз, перевозка на магистральном транспорте, работы на контейнерном терминале).

Группа графиковых перевозок обеспечивает перевозку грузов по графикам и расписаниям, в том числе по системе тяговых плеч и маятниковой.

Группа линейных диспетчеров включает персонал, находящийся непосредственно в местах загрузки-разгрузки подвижного состава у клиентуры и обеспечивает эффективную работу автомобилей на линии по перемещению грузов.

Контрольно-ревизионная группа контролирует работу автомобилей на линии, правильность их использования, товарно-транспортную документацию и другие вопросы.

В пассажирском автотранспортном предприятии работу службы эксплуатации, как правило, возглавляет заместитель начальника (директора). Ему непосредственно подчиняется начальник отдела эксплуатации. В подчинении последнего находятся начальники колонн (в каждой колонне – 80–100 автобусов и 150–250 водителей). Диспетчеры планируют месячную и суточную работу водителей, а также обеспечивают выпуск автобусов на линию и распределение их по маршрутам.

Начальнику отдела эксплуатации подчинена также группа контролеров, осуществляющих контроль за работой автобусов на линии, оплатой пассажирами проезда, содержанием линейных сооружений и обновлением остановочных знаков.

Товарно-транспортная документация. Выезд коммерческого автомобиля на линию независимо от его принадлежности возможен только при наличии оформленного соответствующим образом путевого листа установленной формы и наличия лицензии (лицензионной карточки автомобиля). Разрешением на перевозку грузов является товарно-транспортная накладная (заказ-поручение, квитанция, чек, приходный ордер), а при автобусных перевозках – ведомость продажи билетов, билетно-учетный лист и проездные билеты у пассажиров или другие документы, подтверждающие право на перевозку находящихся в автобусе пассажиров (договор, формуляр, подтверждение оплаты). Товарно-транспортные и проездные документы подлежат строгому бухгалтерскому учету. Путевой лист должен быть изготовлен типографским способом и иметь учетную серию и типографский номер. При пассажирских перевозках на автобусе должны быть также расписание движения, таблица стоимостей проезда, выписка из соответствующих правил перевозок пассажиров. Водитель должен иметь водительское удостоверение, а на автотранспортное средство должны быть свидетельство о регистрации и страховка

гражданской ответственности владельца (в настоящее время на территории Беларуси еще не обязательна).

Товарно-транспортная накладная – единственный документ, по которому ведется списание товарно-материальных ценностей у грузоотправителей, оприходование их у грузополучателей, складской оперативный и бухгалтерский учет. Она должна иметь номер, однозначный для всех экземпляров комплекта. К товарно-транспортной накладной могут прилагаться другие документы, уточняющие номенклатуру, количество и стоимость перевозимого груза (товарные накладные, отгрузочные спецификации, счет-фактуры), а также сертификаты и свидетельства на качество перевозимой продукции.

Товарно-транспортная накладная содержит следующую информацию:

- дату и место составления накладной;
- наименование и адрес отправителя;
- наименование и адрес перевозчика;
- наименование и адрес получателя;
- место и дату принятия груза;
- место, предназначенное для доставки;
- принятое обозначение груза и род его упаковки;
- массу груза брутто или выраженное в других единицах измерения количество груза;
 - число грузовых мест, их специальную маркировку и нумерацию;
 - платежи, связанные с перевозкой (провозные и дополнительные платежи, таможенные пошлины и сборы), а также другие платежи, взимаемые с момента начала перевозки и до сдачи груза;
 - инструкции, требуемые для выполнения таможенных и других формальностей;
 - указание, на каких условиях осуществляется перевозка;
 - сведения о транспортном средстве, на котором производится перевозка;
 - время и, при необходимости, даты прибытия и убытия по пункту погрузки груза;
 - даты и время прибытия и убытия по пункту разгрузки груза;
 - подпись и штамп или печать отправителя;
 - подпись и штамп или печать перевозчика;
 - подтверждение получения груза (подпись и штамп или печать получателя).

Накладная должна быть оформлена не менее чем в трех экземплярах: 1-й – грузоотправителя; 2-й – получателя; 3-й – перевозчика.

В настоящее время в Республике Беларусь применяется товарно-транспортная накладная формы ТТН-1 и товарная накладная формы ТН-2.

Диспетчерское управление перевозками. Целью диспетчерского управления перевозками является обеспечение высокопроизводительного и экономичного использования подвижного состава с выполнением установленных договоров и обеспечением безопасности и требуемого качества перевозок (регулярность, сроки доставки, сохранность).

Диспетчерское управление при использовании подвижного состава включает:

- контроль за своевременным выходом автомобилей на линию и возвращением к месту стоянки (на предприятие);
- контроль за прохождением автомобилей через контрольные и погрузочно-разгрузочные пункты;
- увеличение или уменьшение числа автомобилей на маршрутах и объездах в зависимости от напряженности работы, а также изменение маршрутов перевозок;
- обеспечение обратной (попутной) загрузки автомобилей;
- принятие необходимых мер для устранения возникающих при работе на линии срывов и неполадок;
- обеспечение оперативной технической помощи автомобилям, находящимся на линии.

Водители при работе на линии подчиняются диспетчерскому аппарату и назначенным старшим водителям или бригадирам.

Для контроля за работой и учета используются таксометры, кассовые аппараты, штамп-часы, спидометры (счетчики пути), контрольные устройства (тахометры), устройства, регистрирующие загрузку автомобилей (тензометрические взвешивающие устройства), термографы, а также регистрирующие и запознающие устройства автоматизированных систем управления (компьютерных систем).

Контрольные устройства – тахографы (рисунок 4.35) – позволяют фиксировать: скоростной режим движения; вид деятельности водителя (движение, другая работа, нахождение на рабочем месте без работы, отдых), пробег, вскрытие корпуса и обесточивание прибора, а также другие параметры (например, частоту вращения двигателя) в течение суток путем построения с помощью самописцев на регистрационном листке (тахограмме) графиков (время – скорость, время – вид деятельности или отдых, время – пройденный путь), а также нанесения по времени линий различной толщины и в различных зонах (для открытия крышки, обесточивания и, в некоторых тахографах, для видов деятельности и отдыха). Мгновенная скорость, пройденный путь и время (часы) должны считываться визуально. Тахограф, как правило, оснащается контролем скоростного режима и хода часов

На автомобиле могут быть установлены и другие дополнительные устройства, фиксирующие параметры его работы (число подъемов кузова, расход жидкостей и т. п.). Автомобиль может быть оснащен бортовой ЭВМ, с помощью которой решаются вопросы диагностики и контроля систем автомобиля, оптимизации режимов работы двигателя и движения, ограничения скорости, функционирования систем (антиблокировочной тормозов, антипробуксовочной, регулирования положения кузова, навигационной и др.), а также учета работы.

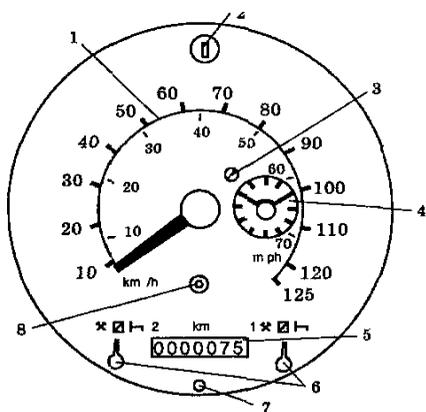


Рисунок 4.35 – Тахограф: 1 – спидометр; 2 – замок крышки; 3 – окно контроля хода часового механизма; 4 – часы; 5 – счетчик пройденного пути; 6 – переключатели отображения вида деятельности водителей; 7 – кнопка установки контроли-руемой скорости движения; 8 – индикатор контроля функци-онирования тахографа и заданной предельной скорости

Контроль за выпуском автомобилей на линию и их возвращением осуществляется, как правило, с помощью автоматизированной системы управления. По базе данных по автомобилям в любой момент можно получить информацию о состоянии и местонахождении автомобиля.

На крупных грузообразующих пунктах работой автомобилей руководят линейные диспетчера.

Они осуществляют:

- контроль за своевременным предъявлением грузов к перевозке, за выполнением загрузки в установленные сроки, за прибытием автомобилей под грузовые операции в согласованные сроки и выполнением маршрутных заданий;
- проверки правильности оформления товарно-транспортной документации;
- оперативные меры при задержках в работе на маршрутах;
- учет выполнения заданий на перевозку;
- переключение подвижного состава на другие объекты работы по согласованию с диспетчерской группой в случаях отсутствия грузов, простоев подвижного состава из-за неудовлетворительной работы погрузочно-разгрузочных пунктов;
- составление актов;

- выполнение поступающих от своей администрации распоряжений;
- ежедневное информирование о выполнении договорных объемов перевозок и причинах отклонений.

Автоматизированные системы диспетчерского управления фиксируют прохождение автомобилями контрольных пунктов с регистрацией номеров автомобилей и времени, а также оперативно учитывают объемы перевозок, производят автоматическое взвешивание автомобилей с грузом (без груза) или подсчет пассажиров. Номера автомобилей могут вводиться водителями вручную, с помощью пластиковых карточек (механических, магнитных, микропроцессорных) или опознаваться дистанционно. В систему дистанционного опознавания входят датчик номера (кода) автомобиля и дешифратор номера. Сигнал от датчика до дешифратора передается с помощью радиосвязи, индукционной связи, изменения электростатического поля, инфракрасного излучения и по световому лучу. При этом на определенном этапе передачи может использоваться проводная связь.

Встроенные в автомобили приборы применяются при работе на разовых перевозках и маршрутах большой протяженности. На постоянных маршрутах небольшой протяженности (например, при технологических и городских перевозках) работа транспортных средств регистрируется автоматизированными системами управления перевозками. При использовании космической связи такой учет возможен независимо от постоянства и длины маршрутов.

При перевозках, в том числе и на дальние расстояния, возможно применение систем диспетчеризации на основе спутниковой связи: Inmarsat, Prodat, Euteltracs, Logiq и др. Например, система Euteltracs позволяет произвести: обмен текстовыми сообщениями диспетчера с водителем транспортного средства в любой точке Европы и в любое время суток. На каждое сообщение поступает подтверждение о получении и прочтении, сопровождаемое указанием местоположения подвижной единицы. Система обеспечивает автоматическое определение местонахождения всех подвижных единиц с требуемым интервалом времени (например, через 1 ч) и точностью порядка 100 м, а также наблюдение за их движением по карте дорог на экране компьютера диспетчера. При этом может контролироваться состояние груза, например, температура внутри кузова, путем передачи информации на компьютер диспетчера одновременно с координатами местонахождения подвижной единицы; возможность для водителя в чрезвычайных обстоятельствах подать сигнал тревоги, вместе с которым поступает точное указание его местонахождения. На автомобиле устанавливаются пульт водителя, аппаратный блок и щелевая антенна с сервоприводом. Аппаратура диспетчера – персональный компьютер и модем. Связь подвижная единица – наземная станция осуществляется через

геостационарный спутник связи, связь наземная станция – диспетчер – через телефонные линии связи или через тот же спутник связи.

Для диспетчеризации работы городского пассажирского транспорта применяется ряд систем автоматизированного управления: система автоматизированного диспетчерского управления автобусами "АСДУ-А", "АСУ-рейс", "Интервал" и другие. Например, в системе "АСУ-рейс" вдоль маршрута устанавливаются электронные контрольные пункты (КП), в кабине автобуса – микроЭВМ, передающая информацию о его движении через КП. Сведения с КП затем посылаются на центральную ЭВМ. При этом фиксируется информация не только о местонахождении автобуса во времени, но и его наполняемость. На основании получаемой информации принимаются регулирующие воздействия.

Анализ наполнения подвижного состава позволяет также корректировать на будущее графики работы и маршруты движения. Обработка информации позволяет отследить работу транспортных средств с момента их выхода на линию до возвращения на межсменную стоянку, получать необходимую отчетную документацию и начислять заработную плату водителей в соответствии с данными автоматического учета.

Основными функциями системы "Интервал", широко используемой в Беларуси, являются: постоянный контроль за регулярностью движения и получение оперативной информации о работе подвижного состава на маршруте; регулирование работы подвижного состава; формирование массивов информации по результатам работы за смену; учет и анализ работы водителей; учет выполнения производственной программы; оперативный контроль отработки водителями баланса рабочего времени. Система обеспечивает сопоставление моментов прохождения контрольных пунктов по расписанию (графику) и фактическое; оперативную передачу управляющих воздействий водителям при работе по оперативному расписанию; информирование пассажиров об отправлении автобусов с контрольных пунктов маршрута. Функционирование основывается на применении ЭВМ, комплекса технических средств, сети каналов связи, периферийных устройств, единой информационной базы и программного обеспечения.

Движение подвижного состава на маршруте регулируется управляющими воздействиями, которые можно разделить на три группы.

Первая группа – воздействия, связанные со сходом транспортного средства с маршрута. Для этого по информации о сходе диспетчер вызывает на линию транспортное средство из резерва. Если резерв отсутствует, то диспетчер может сделать переброску транспортного средства с другого, менее напряженного маршрута, или раздвижку (увеличить интервал). При

числе подвижных единиц не более десяти рекомендуется делать смещение расписания работы двух автобусов, при большем – одного.

Вторая группа – это воздействия, связанные с опозданием прибытия автобуса на конечный контрольный пункт маршрута. Опоздание в пределах 5 % от времени рейса может быть компенсировано за время рейса или оборота (например, проезд части маршрута без остановок). Этот прием применяется при опоздании с прибытием на время, равное интервалу, т. е. когда с конечного пункта должны отправляться одновременно две подвижные единицы. Если на маршруте отсутствует впереди идущий автобус и на остановках большой пассажиропоток, прием не приемлем. Компенсировать опоздание за время оборота возможно направлением автобуса в укороченный рейс. Необходимым условием при этом является возможность разворота на маршруте и наличие вблизи контрольного пункта. Прием не применяется, если при укороченном рейсе автобус не доходит до конечного пункта, где происходят пересменки водителей или обеденный перерыв, или когда на части маршрута, куда не доходит подвижная единица, в это время суток возникает значительный пассажирооборот. По каждому конечному пункту определяется до двух вариантов укороченных рейсов. Конкретное время опоздания, при котором применяется тот или иной вариант укороченного рейса, определяется технологическими картами. Если на маршруте имеются по графикам экспрессные рейсы, при опоздании можно направить подвижную единицу в этот рейс.

Третья группа – управляющие воздействия в связи с переходом на работу по оперативному интервалу (новому расписанию движения). В процессе работы на линии могут возникать обстоятельства, требующие оперативного увеличения времени на рейс (гололед, туман, ливень, снегопад и т.д.). С изменением времени рейса происходит изменение режима движения всех автобусов на маршруте, что требует пересчета плановых отметок на контрольных пунктах, а также пересчета времени предоставления обеденных перерывов, пересменки, ухода в отстой и выхода из отстоя. При переходе на работу по уточненному расписанию необходимо передать водителям информацию об изменениях в расписании движения. Все это возможно оперативно выполнить только при использовании автоматизированной системы управления с помощью связи "диспетчер – водитель" или через диспетчерские пункты.

4.7 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** автомобиля 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).

Пассажи́рские 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 междугородние.

По **типу кузова** грузовые автомобили делятся:

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

Пассажи́рские 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 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, полутора- 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.

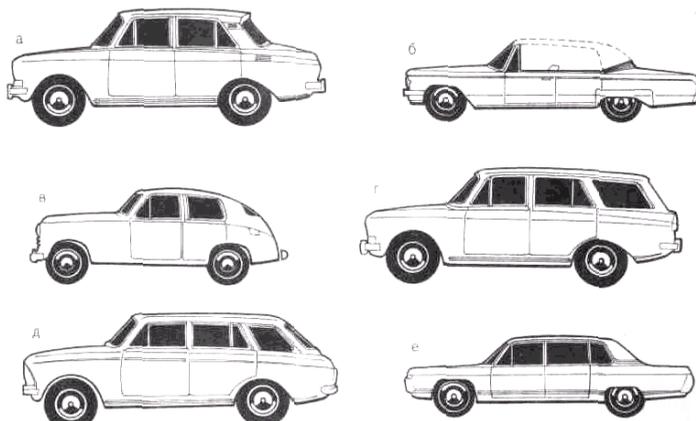
По **типу двигателя** автомобили делятся на карбюраторные, дизельные, газобаллонные, газотурбинные, электрические.

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: 4x2; 6x4; 4x4; 6x6 и т. д. Цифры обозначают: первый автомобиль имеет четыре колеса, два из которых ведущие; второй имеет шесть колёс, из которых че-

тыре 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, фэтон, комби, универсал и др. (рисунок 4.36).



универсал и др. (рисунок 4.36).

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.

Рисунок 4.36 – Типы кузовов легковых автомобилей: а – седан;

б – фэтон; в – кабриолет; г – универсал; д – комби; е – лимузин

4.8 Система обозначения автомобильного подвижного состава

Система обозначения автотранспортных средств (АТС) состоит из марки, модели и модификации. Марка определяется по заводу-изготовителю или разработчику (буквенная информация), модель – в виде

цифровой информации и модификация – в виде букв и (или) цифр. Модель определяется по назначению (типу кузова), размерности (полная масса, литраж или мощность двигателя, вместимость) или условно.

Для легковых автомобилей первые две цифры обозначают объем двигателя: 11 – до 1,2 литра; 21 – от 1,2 до 1,8; 31 – от 1,8 до 3,5 и 41 – более 3,5 литров.

В автобусах первыми двумя цифрами закодирована габаритная длина: 22 – до 2,5 м; 32 – от 6 до 7 м; 42 – от 8 до 9,5 м; 52 – до 10,5 м и 62 – более 10,5 м.

Специализированный грузовой подвижной состав приведен на рисунке 4.37, а прицепы и полуприцепы – на рисунке 4.38.

Для грузовых автомобилей первыми двумя цифрами кодируется полная масса и тип кузова. Их расшифровка приведена в таблице 4.3, а цифровое обозначение прицепов и полуприцепов – в таблице 4.4.

Т а б л и ц а 4.3 – Индексы грузовых и специальных автомобилей (первые две цифры)

Тип кузова	Полная масса, т						
	До 1,2	1,2–2	2–8	8–14	14–20	20–40	Более 40
С бортовой платформой	13	23	33	43	53	63	73
Сидельные тягачи	14	24	34	44	54	64	74
Самосвалы	15	25	35	45	55	65	75
Цистерны	16	26	36	46	56	66	76
Фургоны	17	27	37	47	57	67	77
Специальные автомобили	19	29	39	49	59	69	79

Т а б л и ц а 4.4 – Цифровое обозначение прицепов и полуприцепов (две первые цифры)

Типы прицепов	Прицепы	Полуприцепы
Легковые	81	91
Автобусные	82	92
Грузовые (бортовые)	83	93
Самосвальные	85	95
Цистерны	86	96
Фургоны	87	97
Специальные	89	99

Две последние цифры прицепов, полуприцепов кодируют полную массу. Цифры от 1 до 99 разбиты на пять групп:

I – от 1 до 24 – до 4 т;

II – от 25 до 49 – от 4 до 10 т;

III – от 50 до 69 – от 10 до 16 т;

IV – от 70 до 84 – от 16 до 24 т;
 V – от 84 до 99 – более 24 т.

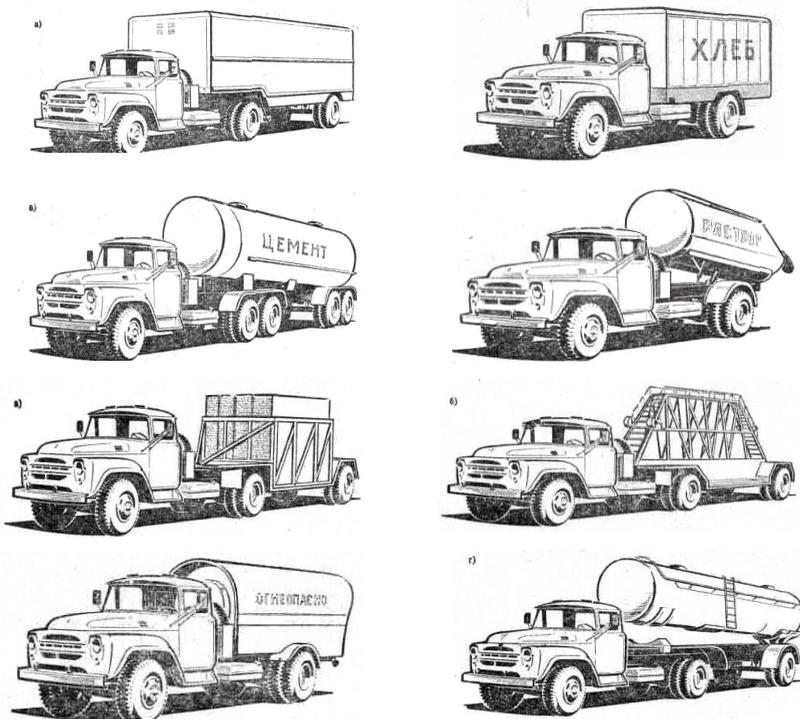


Рисунок 4.37 - Специализированный подвижной состав: а – фургон ОДАЗ-784, б – фургон ТА-9, в – цементовоз, г – растворовоз РС-2,5, д – панелевоз КМ-2, е – панелевоз НАМИ-790, ж – полуприцеп-цистерна для перевозки муки, з – автомобиль для перевозки сжиженных грузов



Рисунок 4.38 – Прицепы и полуприцепы: а – прицеп МА3-892, б – полуприцеп контейнеровоз ЧМЗАН-9985, в – полуприцеп МА3-892

Так, например, легковой автомобиль с рабочим объемом двигателя 1,288 л, выпускаемый Волжским автозаводом, обозначается ВАЗ-2109, автобус с габаритной длиной 7,00 м, выпускаемый Павловским автобусным заводом – ПАЗ-3205, грузовой бортовой автомобиль-тягач полной массой 15,3 т, выпускаемый Камским автозаводом, – КамАЗ-5320.

МАЗ-54323 обозначает, что это автомобиль производства Минского автомобильного завода с максимальной разрешенной массой от 14 до 20 т (цифра 5), седельный тягач (цифра 4), модель – 32, модификация – 3; Mercedes-Benz-1838 – это производства фирмы Mercedes-Benz-AG с максимальной разрешенной массой 18 т и мощностью двигателя примерно $38 \cdot 10 = 380$ л. с.

Базовые модели автомобильных двигателей, их узлов и деталей обозначаются десятизначным цифровым индексом.

Первая цифра индекса определяет класс двигателя, связанный с его рабочим объемом (таблица 4.5).

Т а б л и ц а 4.5 – Классификация двигателей по рабочему объему (по ОН 025 270–66)

Рабочий объем , л	Класс
До 0,75	1
Свыше 0,75 до 1,2	2
–"– 1,2 –"– 2	3
–"– 2 –"– 4	4
–"– 4 –"– 7	5
–"– 7 –"– 10	6
–"– 10 –"– 15	7
–"– 15	8

Последующие цифры индекса обозначают номера базовой модели двигателя, его агрегатов, узлов и деталей.

До введения в действие ОН 025 270-66 индексация основных моделей отечественных автомобилей, прицепов и полуприцепов производилась следующим образом: вначале ставилась марка – буквенное обозначение завода-изготовителя (ГАЗ, ЗИЛ, Москвич и т.п.), после нее через дефис – двух- или трехзначное цифровое обозначение. Например ГАЗ-52, Урал-375, полуприцеп ОдаЗ-885. При этом каждый завод-изготовитель применял цифровые индексы в определенных пределах. Так, например, Горьковский автомобильный завод использовал цифры от 10 до 100, ЗИЛ – от 100 до 200

Для модернизированной автомобильной техники и модификаций добавлялись буквенные обозначения или через дефис двухзначное число. Например, МАЗ-200В, ЛАЗ-699Р, Москвич-412ИЭ, ЗИЛ-130-76.

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 4.6).

Т а б л и ц а 4.6 – Классификация автотранспортных средств, принятая в Правилах ЕЭК ООН

Категория АТС	Тип АТС	Полная масса, т	Примечание
M ₁	АТС с двигателем, предназначенные для перевозки пассажиров и имеющее не более 8 мест для сидения (кроме места водителя)	НР ¹	Легковые автомобили
M ₂	Те же АТС, имеющие более 8 мест для сидения (кроме места водителя)	До 5,0 т	Автобусы
M ₃	То же	До 5,0 т	Автобусы, в том числе сочлененные
N ₁	АТС с двигателем, предназначенные для перевозки грузов	До 3,5 т	Грузовые автомобили, специальные автомобили
N ₂	То же	Свыше 3,5 до 12,0	Грузовые автомобили, автомобили-тягачи, специальные автомобили
N ₃	–"–	Свыше 12,0	То же
O ₁	АТС без двигателя	До 0,75	Прицепы и полуприцепы
O ₂	То же	Свыше 0,75 до 3,5	То же
O ₃	–"–	Свыше 3,5 до 10,0	–"–
O ₄	–"–	Свыше 10,0	–"–
Примечание: ¹ – не регламентируется			

В качестве пояснений к таблице 4.6 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.

4.9 Основные эксплуатационные требования к подвижному составу

Под эффективностью применения автомобильного транспортного средства понимается возможность перемещения грузов или пассажиров с наименьшими материальными и трудовыми затратами и соблюдением действующих норм и правил.

Эффективность применения автомобилей зависит от качества их изготовления и эксплуатации.

Качество и технический уровень автомобильных транспортных средств как сложных технических изделий оценивается номенклатурой показателей качества. Показатель качества представляет собой количественную характеристику одного (единичный показатель) или нескольких (комплексный показатель) свойств автомобиля, составляющих его качество.

Структуру парка подвижного состава (с различными эксплуатационными свойствами) определяют условия их применения.

Последние можно разделить:

на транспортные – объем, равномерность, партионность, срочность и дальность перевозок, свойства (вид) груза (штучные, навалочные, наливные, крупногабаритные, негабаритные и т.п.) и его стоимость, условия погрузки и разгрузки, режим эксплуатации, условия содержания подвижного состава, вид перевозок (городские, пригородные, междугородные, международные, карьерные, сельскохозяйственные и т.п.);

дорожные – ширина проезжей части, тип и состояние дорожного покрытия, допускаемые осевая и полная нагрузки, грузоподъемность искусственных сооружений, радиусы кривых профиля и плана, интенсивность движения;

природно-климатические – влажность, температура воздуха, скорость ветра, количество осадков, рельеф местности, атмосферное давление и высота над уровнем моря, интенсивность и длительность солнечного излучения.

Условия эксплуатации автотранспортных средств сказываются на их производительности и режиме работы узлов и агрегатов. Это необходимо учитывать при определении требуемых материальных и трудовых ресурсов.

Так, режимы работы при городском и загородном движении различны. В городе скорость движения сокращается примерно на 50 %, число оборотов

коленчатого вала на 1 км пробега увеличивается на 1/3, а число переключений передач, удельная работа трения тормозных механизмов и доля движения по криволинейной траектории – в несколько раз.

Качество автомобильных транспортных средств оценивают с помощью перечня комплексных показателей:

- грузо- и пассажировместимость (номинальная вместимость, т или пас.; удельная объемная грузоподъемность кузова, т/м³; коэффициент грузовместимости (отношение загрузки полного объема кузова к номинальной грузоподъемности); удельная площадь пола на одно место для сиденья или проезда стоя);

- удобство использования (плавность хода, удобство погрузки-разгрузки или посадки-высадки, легкость управления, компактность, маневренность, готовность к движению, запас хода по топливу);

- скоростные характеристики ("разгон-выбег", разгон на высшей и предшествующих передачах на дороге с переменным продольным профилем, максимальная скорость, км/ч; условная максимальная скорость, км/ч; время разгона на пути 400 и 1000 м и разгона до заданной скорости, с; значение динамического фактора на высшей передаче, Н/кг; установившиеся скорости движения на подъемах, км/ч; удельная мощность, кВт/т);

- безопасность (устойчивость движения, тормозные свойства, обзорность, сигнализация, травмозащита, ограничение токсичности (СО, С_пН_м, НО_x, твердых частиц), радиопомех и шумности);

- топливная экономичность (контрольный расход топлива, л/100 км; топливные характеристики установившегося движения на дороге с переменным профилем, л/100 км);

- надежность (безотказность, долговечность, ремонтпригодность и сохраняемость);

- проходимость (дорожные просветы под низшими точками, радиус продольной проходимости, передний и задний углы свеса, коэффициент совпадения следов передних и задних колес; давление шин на опорную поверхность, распределение массы по осям, коэффициент сцепной массы, максимальный динамический фактор на низшей передаче, Н/кг; фактор проходимости – отношение произведения расхода топлива и времени движения на дороге с твердым покрытием на единицу транспортной работы к такому же удельному произведению для труднопроходимого маршрута).

Автомобильные транспортные средства должны отвечать общим техническим требованиям по вышеприведенным показателям.

Предельными параметрами для автомобилей в большинстве стран Европы являются: ширина 2,5 м (2,6 – рефрижератор); высота 4,0 м, длина 12 м – одиночный автомобиль, 16,5 м – тягач с полуприцепом, 18 м –

сочлененный автобус и автомобиль-тягач с прицепом; полная масса не более 40,0 т (для контейнеровозов и при числе осей не менее 6 – не более 44,0 т). При этом для магистральных дорог осевые нагрузки не должны превышать 10 т (в перспективе 11,5 т) для одиночной оси и 5,5–10,0 т для оси тележки в зависимости от типа подвески (пневмоподвеска или нет), числа осей и межосевого расстояния, а также типа моста (ведущий, неведущий, управляемый) транспортного средства.

Габаритные размеры транспортных средств, при превышении которых требуется разрешение ГАИ на движение, приведены на рисунке 4.39.

В каждом сочетании эксплуатационных условий наиболее эффективным был бы специально спроектированный автомобиль. Однако из-за многообразия условий эксплуатации такое решение вопроса нерационально, и автомобили создаются под определенный ограниченный диапазон условий с определенными эксплуатационными свойствами.

Условия перевозок являются основными предпосылками для выбора рациональной структуры специализации парка автомобильных транспортных средств. Так, по роду груза (физические свойства, тип и вид тары) принимаются тип кузова (платформа, цистерна, фургон) и его параметры. От объема и партионности перевозок зависят требуемая вместимость транспортного средства и степень специализации подвижного состава. По условиям погрузки и разгрузки определяются тип и параметры транспортного средства (автомобиль-самосвал, самопогрузчик, погрузочная высота, ширина двери и прочность кузова), а также необходимость специальных устройств и приспособлений.

Срочность, дальность и вид перевозок диктуют необходимость применять подвижной состав с повышенными скоростными свойствами, запасом хода, надежностью и безопасностью.

Дорожные условия оказывают влияние на возможность использования грузоподъемности и скоростных свойств и определяют требования к проходимости, плавности хода, динамичности, маневренности транспортных средств.

Климатические условия требуют применения специальных кузовов и оборудования (для защиты грузов от низких или высоких температур, дождя, снега, ветра, солн-

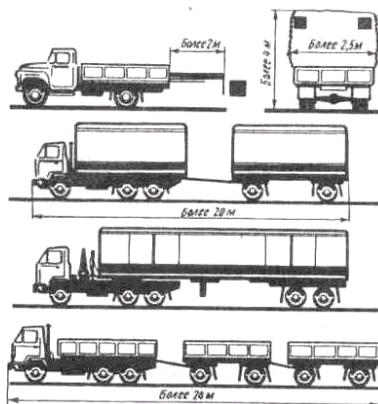


Рисунок 4.39 - Габаритные размеры транспортных средств

ца), а также специфического исполнения транспортного средства в целом (северное, тропическое, горное и др.).

Распределение объема перевозок по размеру партий обуславливает требуемую структуру грузового автомобильного парка. Увеличивается доля автомобилей малой (до 2 т) и особо большой грузоподъемности с полной массой 40 т (контейнеровозы до 44 т) объемом кузова 82 м³ и более. Применение последних позволяет снижать трудозатраты, металлоемкость и соответственно себестоимость перевозок.

4.10 Система показателей и измерителей работы подвижного состава

Для планирования, учета и анализа работы подвижного состава автомобильного транспорта применяется система показателей, позволяющая оценивать степень эффективности использования подвижного состава и результаты его работы.

Объемными показателями работы автомобильного транспорта являются выполненный объем перевозок в тоннах (т) или пассажирах (пас.) и грузооборот в тоннокилометрах (т·км) или пассажирооборот в пассажирокилометрах (пас.-км).

Технико-экономические показатели, характеризующие интенсивность использования подвижного состава, можно разделить на четыре группы:

- использование подвижного состава во времени (дни, автомобиле-дни эксплуатации, коэффициент выпуска подвижного состава, время на маршруте и в наряде, время простоя под погрузкой-разгрузкой или в остановочных пунктах и коэффициент использования рабочего времени);
- использование скоростных свойств подвижного состава (скорости движения – техническая и эксплуатационная);
- использование пробега подвижного состава (коэффициенты использования пробега за различные периоды времени работы на линии);
- использование грузоподъемности или пассажировместимости подвижного состава (коэффициенты использования грузоподъемности или пассажировместимости – статический и динамический).

Технико-эксплуатационные показатели работы транспорта подразделяются:

- на единичные – коэффициент использования парка, скорость движения, коэффициент использования пробега, коэффициент использования вместимости подвижного состава;
- комплексные – время цикла процесса перемещения, скорость доставки (сообщения) грузов или пассажиров, производительный пробег и производительность за анализируемый период времени.

Коэффициент использования парка показывает долю рабочего времени

парка подвижного состава от всего календарного времени; определяется отношением суммарного времени нахождения транспортных средств в работе к суммарному времени нахождения их на балансе транспортного предприятия.

Скорость движения характеризуется отношением пройденного пути к затраченному времени без учета простоев под коммерческими и техническими операциями (техническая скорость) или с учетом этих простоев (эксплуатационная или коммерческая скорость).

Коэффициент использования пробега определяется отношением производительного пробега транспорта с грузом, пассажирами к общему пробегу за тот же период времени.

Степень использования грузоподъемности или пассажировместимости характеризуется статическим и динамическим коэффициентами.

Статический коэффициент использования грузоподъемности или пассажировместимости определяется отношением выполненного объема перевозок за данное число операций транспортирования к возможному объему за то же число операций при полной загрузке подвижного состава.

Динамический коэффициент использования – отношением фактически выполненной транспортной работы за данный производительный пробег к возможной за тот же пробег при полной загрузке подвижного состава.

Время цикла процесса перемещения включает производительный пробег, простой под коммерческими и грузовыми операциями, непроизводительный пробег по подаче подвижного состава под очередную загрузку; определяется расстоянием транспортирования, длиной непроизводительного пробега, технической скоростью движения и простоями в погрузочно-разгрузочных пунктах и в пути движения. Ускорение цикла перемещения за счет повышения скорости транспортирования и сокращения простоев является одной из важных задач на транспорте.

Скорость доставки (сообщения) определяется отношением расстояния транспортирования к затраченному на это времени, которое состоит из времени движения и простоев в пути подвижного состава как под коммерческими, техническими операциями, так и во время отдыха водителей.

Производительный пробег и производительность указывают на интенсивность эксплуатации подвижного состава транспорта; определяются пробегом, объемом перевозок и транспортной работой за конкретный период рабочего или календарного времени (час, сутки, месяц, год) парком или единицей подвижного состава. Производительность подвижного состава может быть выражена в пересчете на единицу грузоподъемности (пассажировместимости) и 1 кВт мощности подвижного состава за анализируемый период.

Основными технико-экономическими показателями работы транспорта являются себестоимость перевозок и производительность труда.

Себестоимость грузовых или пассажирских перевозок определяется эксплуатационными затратами, приходящимися на единицу транспортной продукции.

Производительность труда определяется в натуральном или денежном выражении и представляет собой отношение выполненной транспортной продукции (ткм, пас.-км или руб.) к трудовым затратам. Определяется как отношение транспортной продукции к численности работников.

При планировании и организации **перевозок основными задачами являются:** повышение технико-эксплуатационных показателей (кроме простоев) подвижного состава; сокращение простоев под погрузкой-разгрузкой (посадкой-высадкой); снижение себестоимости перевозок.

Своевременный анализ технико-эксплуатационных показателей позволяет принять меры по управлению транспортным процессом с целью повышения его эффективности.

4.11 Автомобильные дороги

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 **к л а с с и ф и ц и р у ю т** 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).

Поперечные профили автомагистралей приведены на рисунке 4.40, а устройство их основных площадок в различных условиях – на рисунке 4.41.

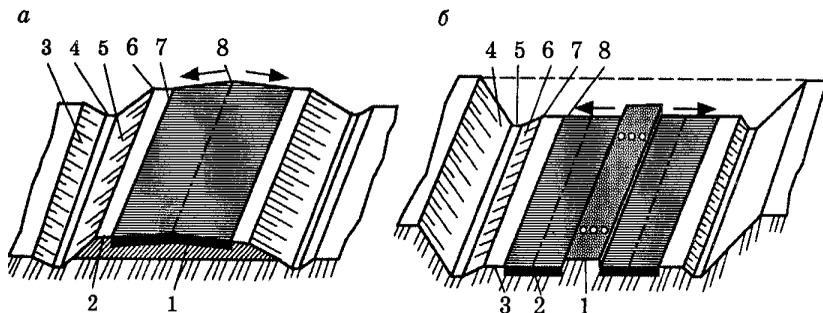


Рисунок 4.40 – Поперечный профиль автомобильной дороги: а) в насыпи: 1 – проезжая часть; 2 – обочины; 3 – внешний откос кювета; 4 – дно кювета; 5 – откос насыпи; 6 – бровка земляного полотна; 7 – кромка проезжей части; 8 – осевая линия; б) в выемке: 1 – разделительная полоса; 2 – проезжая часть; 3 – обочины; 4 – внешний откос выемки; 5 – дно кювета; 6 – внутренний откос; 7 – бровка земляного полотна; 8 – кромка проезжей части

Автомобильная дорога состоит из земляного полотна и искусственных сооружений (мостов, путепроводов, эстакад и др.), на которых возводится проезжая часть в виде основания, дополнительного слоя основания и дорожной одежды или покрытия (верхний слой).

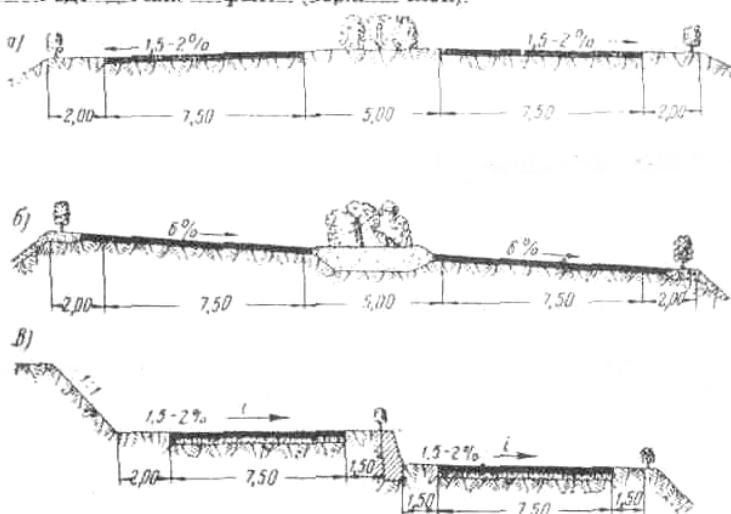


Рисунок 4.41 – Устройство основных площадок автомагистралей: а – на прямом участке; б – на кривой; в – на косогоре

Движение автомобилей происходит по полосе дороги, называемой проезжей частью. К последней с двух сторон примыкают обочины. Для

обеспечения устойчивости и сглаживания неровностей рельефа проезжая часть располагается на земляном полотне. Вода, вытекающая на дорогу или стекающая с ее поверхности, отводится системой водоотводных канав и лотков в пониженные места. При пересечении автомобильных дорог земляное полотно прокладывают на одном или разных уровнях. В последнем случае строят тоннели, эстакады и путепроводы.

Пересечение автомобильных дорог с железнодорожными путями для безопасности движения и повышения их пропускной способности должно устраиваться в разных уровнях. Лишь в отдельных случаях, когда интенсивность движения на автомобильной и железной дорогах незначительна, допускаются пересечения в одном уровне, но с обязательным специально

оборудованным железнодорожным переездом. Комплексы вспомогательных сооружений на дорогах предназначены: для обслуживания подвижного состава – автозаправочные станции и станции технического обслуживания; для отдыха пассажиров, туристов и водителей – мотели, автовокзалы и дорожные гостиницы; на перегонах между ними – остановочные пункты, станции, площадки отдыха. Вдоль дороги высаживаются зеленые насаждения. На участках с интенсивным движением в ночное время устанавливают электроосвещение.

Содержание и обслуживание автомобильной дороги возложены на дорожно-эксплуатационную службу, которая имеет комплексы линейных сооружений, размещенных в населенных пунктах вблизи дороги и по возможности в середине обслуживаемых участков.

Ширина проезжей части автодороги $B_{пр}$ зависит от категорий дороги и от числа полос для движения автомобилей:

$$B_{пр} = B_{пл}n + B_y, \quad (4.1)$$

где $B_{пл}$ – ширина одной полосы, м; n – количество полос в обоих направлениях; B_y – величина уширения проезжей части, которая зависит от радиуса кривой.

Качество автомобильной дороги определяется ее технической категорией. В зависимости от расчетной интенсивности движения строительные нормы и правила проектирования предусматривают автомобильные дороги пяти категорий. При выборе категории учитывается перспективная интенсивность движения (от года ввода дороги в эксплуатацию) на 20 лет вперед. Под интенсивностью понимается количество автомобилей, проходящих по дороге через данное сечение в единицу времени (сутки, час). Для каждой категории установлены определенные технические нормативы, на основе которых проектируются

все параметры конструктивных элементов дороги и дорожных сооружений с учетом обеспечения безопасности движения и охраны окружающей среды.

Параметры элементов автодороги приведены в таблице 4.7, классификация автомобильных дорог по техническим параметрам – в таблице 4.8.

Т а б л и ц а 4.7 – Параметры элементов автодороги

Параметр	Категория дороги и размеры параметров, м					
	Ia	Iб	II	III	IV	V
B_{II}	3,75	3,75	3,75	3,5	3,0	4,5 *
B_o	3,75	3,75	3,75	2,5	2,0	1,75
B_{PH}	6,0	5,0	-	-	-	-

* Ширина проезжей части.

Дороги 1-й категории должны иметь в зависимости от интенсивности движения 4, 6 или 8 полос движения и разделительную полосу.

Основными транспортно-эксплуатационными показателями автомобильных дорог являются: расчетная скорость движения автомобилей, расчетная нагрузка, габариты мостов и тоннелей, пропускная и провозная способность, а также показатели безопасности движения.

Т а б л и ц а 4.8 – Классификация автомобильных дорог по техническим параметрам

Параметры дороги	Техническая характеристика дороги по классам				
	I	II	III	IV	V
Среднесуточная интенсивность движения в обоих направлениях, автомобилей	Более 7000	3000–7000	1000–3000	100–1000	Менее 100
Расчетная скорость движения, км/ч	Более 150	120	100	80	60
Ширина проезжей части, м	15 и более	7,5	7,0	6,0	4,5
Наименьший радиус кривой в плане, м	1000	600	400	250	125
Наибольшее допустимое давление от оси автомобиля, т/м	10	10	6	6	6

Расчетная скорость – это наибольшая скорость, с которой автомобили могут двигаться на всем протяжении дороги безаварийно. По этому показателю рассчитывают остальные технические нормы проектирования. Наибольшая скорость движения транспортных средств при расчете элементов плана и продольного профиля дороги устанавливается в зависимости от категории дороги и рельефа местности.

Расчетные скорости, установленные для трудных участков пересеченной

и горной местности, применяются только при соответствующем технико-экономическом обосновании с учетом местных условий для каждого конкретного участка проектируемой дороги.

Для трудных участков в условиях пересеченной горной местности техническими условиями предусмотрено смягчение требований к назначению элементов дороги при условии снижения расчетной скорости движения.

Расчетная нагрузка необходима для расчетов прочности дорожных покрытий и инженерных сооружений, а также проверки устойчивости земляного полотна. Она характеризуется нагрузкой на ось и массой расчетного автомобиля, находящегося в колонне.

Ширина земляного полотна

$$B_{\text{зп}} = B_{\text{пп}} + 2B_0 + B_{\text{рп}} + B_y, \quad (4.2)$$

где B_0 – ширина обочины, м; $B_{\text{рп}}$ – ширина разделительной полосы, м; B_y – возможное уширение земляного полотна на кривых, м.

Пропускная способность дороги зависит от числа полос движения, скорости движения транспортных средств и состояния проезжей части и определяется для одной полосы дороги числом автомобилей, которые могут разместиться на длине, равной пути движения автомобиля с расчетной скоростью v , км/ч, в течение часа:

$$N = 1000v / (l_a + l_p), \quad (4.3)$$

где l_a – длина автомобиля, м; l_p – наименьшее расчетное расстояние между автомобилями, м.

Для отвода воды поперечный профиль земляного полотна проектируют с уклоном в сторону обочин.

На прямых участках автодороги применяют двухскатный поперечный профиль, на кривых – односкатный.

Для повышения скоростей движения и снижения энергозатрат на движение продольные уклоны делают как можно более пологими. Продольный уклон, как правило, не должен превышать 30 ‰. Вне равнинной местности создание пологого профиля связано с большими объемами земляных работ или увеличением извилистости трассы в плане и соответственно длины самой трассы. Если это условие экономически не обосновано, то уклон может повышаться, но быть не более 100 ‰. Однако при этом снижается расчетная скорость движения (при 100 ‰ – 30 км/ч). Плавность движения и видимость достигаются сопряжением участков с подъемами и спусками. Радиусы вертикальных выпуклых участков должны быть менее 2500 м, а вогнутых – 1500 м (при расчетной скорости 60 км/ч).

При более высоких скоростях радиусы должны быть больше (при скорости 150 км/ч соответственно 30000 и 8000 м).

Основным элементом дороги является полоса движения, для устранения возможности выезда на встречную полосу на дорогах высших категорий устраиваются разделительные полосы для отделения потоков автомобилей, движущихся во встречном направлении.

Ширина проезжей полосы зависит от скорости движения и ширины автомобилей и принимается в пределах 3,0–3,75 м и более. Число полос зависит от расчетной интенсивности движения и пропускной способности полосы. При смешанном потоке транспорта на подъемах с уклоном более 30‰ предусматривается устройство дополнительной полосы.

Важным параметром дороги является **коэффициент сцепления шин с покрытием**. Он представляет собой отношение силы P , при которой нарушается сцепление шины с дорогой, к массе G , приходящейся на шину:

$$\varphi = P/G. \quad (4.4)$$

Различают продольный (определяет тормозной путь и пробуксовку при трогании и движении) и поперечный (определяет устойчивость движения) коэффициенты сцепления. Однако следует учитывать, что пробуксовка и поперечный сдвиг взаимосвязаны. Например, при наличии пробуксовки отсутствует поперечная устойчивость. Коэффициент сцепления изменяется от 0,7 (сухое шероховатое покрытие) до 0,05 (обледенелое).

Дорога прокладывается кратчайшим путем. Однако в силу ряда обстоятельств она не может быть полностью прямой, поэтому представляет собой прямые участки, сопряженные переходными кривыми. Графическое изображение проекции трассы на горизонтальную плоскость называется планом трассы. Участки с малыми радиусами ухудшают условия движения за счет того, что возникающая центробежная сила смещает автомобиль во внешнюю сторону. Радиус кривой R , м, обеспечивающей безопасное движение автомобиля при скорости v , км/ч, определяется по формуле

$$R \geq v^2 / (127(0,3\varphi + i)), \quad (4.5)$$

где φ – коэффициент продольного сцепления; i – поперечный уклон (вираж) проезжей части в сторону центра кривой, ‰; 0,3 – коэффициент уменьшения поперечного сцепления.

Минимально допустимые радиусы кривых в плане и расстояния видимости для остановки (видимость предметов высотой не менее 0,2 м) соответственно при расчетной скорости 150 км/ч – 1200 и 300 м, при 120 – 800 и 250, при 100 – 600 и 200, при 80 – 300 и 150, при 60 – 150 и 85, при 50 – 100 и 75, при 40 – 60 и 55, при 30 – 30 и 45 м.

Для обеспечения расчетных скоростей движения дороги выполняют с виражами (поперечный уклон при наличии гололеда до 60 ‰ и при частых гололедах до 40 ‰) и уширениями на поворотах.

Кривые продольного и поперечного профилей дороги, ее трасса и другие параметры выбираются в зависимости от категории дороги, топографических, грунтовых, гидрологических и других условий местности в оптимальном соотношении по минимуму затрат с учетом требований безопасности движения и экологии.

Движение автомобилей заданной массы с расчетной скоростью обеспечивает дорожное покрытие, которое устраивают на спланированной и уплотненной поверхности земляного полотна. Оно должно обладать достаточной устойчивостью против влияния климатических факторов, быть прочным, ровным, с шероховатой поверхностью. Прочность дорожного покрытия выбирают в зависимости от интенсивности движения, состава транспортного потока, грузонапряженности (количества грузов, перевозимых в единицу времени) и расчетной скорости.

Дорожное покрытие может состоять из одного или нескольких конструктивных слоев:

верхний – 1-е покрытие – имеет слой износа (периодически возобновляемый по мере истирания) и основной слой, определяющий эксплуатационные свойства покрытия. Для увеличения прочности его укрепляют вяжущим материалом;

несущая часть (основание) – 2-е покрытие – имеет два (или более) прочных слоя и обеспечивает передачу нагрузок на грунт земляного полотна.

Типы дорожных покрытий по их влиянию на нормативы технического обслуживания и ремонта группируются следующим образом: Д1 – цементобетон, асфальтобетон; брусчатка, мозаика; Д2 – битумоминеральные смеси; Д3 – щебень, гравий, дегтебетон; Д4 – булыжник, колотый камень; грунт и малопрочный камень, обработанные вяжущими материалами; зимники; Д5 – грунт, укрепленный или улучшенный местными материалами; лежневое и бревенчатое покрытие; Д6 – естественные грунтовые дороги; внутрикарьерные и отвальные дороги; подъездные пути, не имеющие твердого покрытия. Конструктивные слои дорожных одежд приведены в таблице 4.9.

В результате действия нагрузок от движущихся автомобилей поверхность дорожного покрытия деформируется, постепенно изнашивается и разрушается. На нежестком покрытии образуются просадки, колеи, проломы и т. д.

Т а б л и ц а 4.9 – Конструктивные слои дорожных одежд

Слои дорожных одежд		Материал
		Покрытия
	Основной слой покрытия	Крупнозернистый асфальтобетон
Основания	Верхний слой основания	Щебень, обработанный вяжущими материалами
	Нижний слой основания	Щебень
	Дополнительный слой основания	Песок

Равномерность износа покрытия, обладающего высокой прочностью, эластичностью, сопротивлением ударам и истиранию, поддерживается надлежащим содержанием и текущим ремонтом. Восстановление слоя износа проводится в ходе среднего и капитального ремонтов.

Период (в годах) от сдачи дороги в эксплуатацию до капитального ремонта, а также между капитальными ремонтами называется сроком службы дорожного покрытия и устанавливается в зависимости от типа покрытия. Например, срок службы цементобетонного покрытия до капитального ремонта – 30 лет, асфальтобетонного – 18, щебеночного и гравийного, обработанных вяжущими материалами, – 12 лет.

Состояние автомобильной дороги в межремонтный период характеризуется ее работоспособностью. Это основной технико-экономический показатель, определяющий дорожную стоимость перевозок, всех видов ремонтных работ и содержания дороги. Различают полную и частичную работоспособность дорожных покрытий. Полная измеряется числом прошедших автомобилей или количеством перевозимого груза (брутто-тонны на одну или две полосы движения) за время от сдачи дороги в эксплуатацию до капитального ремонта или между ними, частичная – от сдачи дороги в эксплуатацию до среднего ремонта или между ними.

Очертание, внутри которого не должно быть никаких элементов конструкций, называется габаритом моста. Габариты мостов определяются с учетом категории дороги, по которой они расположены, числа полос движения и ширины одной полосы. Высота габарита путепроводов, эстакад и мостов над поверхностью покрытия принимается для дорог 1–3-й категории и в городах равной 5 м, 4–5-й категорий – 4,5 м.

По капитальности и степени удовлетворения требованиям автотранспорта **дорожные одежды** делят на три группы:

- у с о в е р ш е н с т в о в а н н о г о т и п а. Они бывают капитальные (цементобетонные и асфальтобетонные на прочных каменных основаниях),

применяемые при интенсивности движения более 3000 авт./сут., и облегченные из щебня и гравия, обработанных органическими вяжущими материалами – битумами или дегтями, на основаниях из камня или грунта, обработанного цементом, применяемые при интенсивности от 500 до 3000 авт./сут.;

• **п е р е х о д н о г о т и п а**, применяемые при невысоких интенсивностях движения от 300 до 500 авт./сут., с тем чтобы впоследствии при увеличении движения использовать их как основание для асфальтобетонных покрытий. К покрытиям переходного типа относят щебеночные, гравийные и шлаковые покрытия, булыжные мостовые, покрытия из грунтов, улучшенных цементами или битумом;

• **н и з ш е г о т и п а** – грунтовые покрытия, улучшенные добавками песка или щебня, допускаемые при интенсивностях движения менее 100 авт./сут.

Безопасность движения автомобилей достигается техническим совершенством дороги, организацией движения на ней, а также ландшафтом местности.

Важным показателем дороги является видимость. Необходимое расстояние видимости устанавливается из расчета полной остановки движущегося автомобиля перед препятствием.

Путь, который проходит автомобиль при торможении, складывается из следующих участков:

$$s = l_1 + l_2 + l_3, \quad (4.6)$$

где s – путь автомобиля от момента, когда водитель заметил препятствие, до начала торможения, м; $l_1 = vt$, v – скорость автомобиля, м/с; $t = 0,8 - 1,0$ с – время реакции водителя; l_2 – тормозной путь, м; $l_3 = 5 - 10$ м – безопасное расстояние остановки автомобиля до препятствия.

Тормозной путь

$$l_2 = \kappa v / (2g(\varphi + f \pm i)), \quad (4.7)$$

где κ – коэффициент эксплуатационного состояния тормозной системы; v – скорость автомобиля, м/с; g – ускорение свободного падения, м/с²; φ – коэффициент сцепления шин с дорожным покрытием (0,05 – 0,70); f – коэффициент сопротивления качению (0,01 – 0,30); i – продольный уклон дороги, ‰.

На кривых малых радиусов (в плане) надлежащая видимость обеспечивается путем срезки откосов, вырубке деревьев и кустарников, сноса заборов и строений,

Для организации безопасного дорожного движения на дорогах устанавливаются дорожные знаки и указатели. Этой же цели служат

указательные столбики, боковые ограждения барьерного типа, разметка проезжей части, краевые полосы с цветным выделением, посадки высоких деревьев, вершины которых, сливаясь в перспективе в одну линию, подчеркивают направление дороги в плане и за переломами продольного профиля.

Применение дорожных и других технических средств организации движения на дорогах производится в соответствии со стандартами, техническими условиями и правилами.

Узловыми пунктами автомобильных дорог являются пересечения, в зоне которых формируются и распределяются транспортные потоки. Их проектируют с учетом перспективных размеров, состава и характера движения транспорта, относительного числа автомобилей, изменяющих направление движения с одной из пересекающихся (или соединяющихся) дорог на другую.

В зависимости от расположения сходящихся дорог и организации потоков движения различают собственно пересечения и примыкания или разветвления дорог. Их проектируют с учетом требований строительных норм и правил и технических условий. Пересечения автомобильных дорог категории I-а с дорогами всех категорий, категорий I-б и II с дорогами II и III категорий, а также категории III – между собой (при перспективной суммарной интенсивности для обеих дорог более 8000 ед./сут., приведенных к легковому автомобилю) проектируют в разных уровнях.

4.12 Автотранспортные предприятия

Они представляют собой основные линейные подразделения автотранспорта, предназначенные для содержания подвижного состава в исправном состоянии, обеспечения его рационального использования и непосредственной организации перевозочного процесса в соответствии с государственными заданиями и потребностями клиентуры.

К субъектам хозяйствования автомобильного транспорта относятся также предприятия, не имеющие подвижного состава, но занимающиеся организацией перевозок грузов и пассажиров.

По комплексности выполнения операций различают следующие виды транспортных предприятий:

- *комплексные предприятия* – это предприятия, в которых осуществляются все виды транспортной деятельности (транспортный процесс, хранение, техническое обслуживание и текущий ремонт подвижного состава);
- *специализированные* – выделяют в зависимости от вида выполняемых транспортных процессов (перевозок);

- *специальные* – служат для эксплуатации специальных автомобилей (скорой медицинской помощи, коммунального хозяйства и т.п.), технического обслуживания и ремонта (станции технического обслуживания, ремонтные мастерские, авторемонтные заводы) и т.п.

Комплексное автомобильное транспортное предприятие включает в себя подсистемы: техническую, технологическую, организационную, экономическую и социальную. Их функции выполняют отдельные службы (подразделения) предприятия.

По назначению автотранспортные предприятия можно разделить:

- на грузовые, пассажирские (автобусные, таксомоторные для проката легковых автомобилей) и смешанные грузопассажирские автокомбинаты и объединения;

- грузовые станции, организующие перевозку грузов в прямом междугородном и смешанном сообщениях;

- транспортно-экспедиционные агентства и конторы, организующие перевозку пассажиров и доставку грузов, принадлежащих различным организациям и населению;

- пассажирские станции и вокзалы, организующие перевозку пассажиров в междугородном и пригородном сообщениях;

- базы механизации погрузочно-разгрузочных работ, осуществляющие с помощью своей техники и штатов грузовые работы по договорам с другими автотранспортными предприятиями общего пользования.

По территориальному признаку перемещения грузов и пассажиров предприятия можно подразделять:

- на городские;

- пригородные;

- междугородные;

- международные.

4.13 Основные научно-технические проблемы автомобильного транспорта и пути их решения

В числе этих проблем первостепенное значение имеют:

- увеличение и совершенствование автомобильного парка;

- развитие и усиление сети автомобильных дорог;

- обеспечение регулярности и повышение скорости движения (доставки);

- более полное обеспечение безопасности движения и сохранение биосферы среды.

Задача сводится не к простому тиражированию давно отработанных конструкций, а к созданию новых, экономически более эффективных и технически совершенных машин, быстрому освоению их производства.

Сейчас особенно обострились требования к повышению топливной экономичности автомобилей и снижению токсичности выхлопа автомобильных двигателей. Широкое внедрение получают дизельные двигатели, КПД которых в 1,3 – 1,5 раза выше карбюраторных. Дизельные двигатели всё более широко применяются на легковых машинах. Расход топлива составляет 6 – 6,5 л /100 км, а у мини-дизеля 4 – 4,5 л /100 км.

Для экономии бензина и дизельного топлива и уменьшения токсичности отходящих газов всё большее количество автомобилей переводится на газовое топливо (газ "пропан-бутан").

Необходимо снижать собственную массу автомобилей, что позволяет экономить металл и особенно горючее. Разрабатываются лёгкие и экономичные двигатели, в конструкциях которых используются керамика и упрочненные пластики.

Наряду с совершенствованием структуры парка по грузоподъемности эффект дает повышение степени специализации транспортных средств (автомобили-самосвалы для сельскохозяйственных перевозок и карьерные, специализированные фургоны, рефрижераторы, цистерны для жидких и сыпучих грузов, автомобилевозы, лесовозы и др.). Их применение позволяет сократить простои под загрузкой и разгрузкой, уменьшить стоимость работ, повысить сохранность перевозок.

Одна из важнейших технико-экономических проблем современности – **рационализация структуры грузового автомобильного парка по грузоподъёмности**. Нынешние грузовые автомобили имеют различную единичную грузоподъемность от 200 – 500 кг до 180 т. Разрабатываются карьерные самосвалы, способные перевозить 300 – 400 т. В мировой практике созданы экземпляры грузоподъемностью 600 т и спроектированы на 800 – 1000 т.

4.14 Рекордные скорости на автомобильном транспорте

Рубеж 100 км/ч был преодолен Женацци на электромобиле в 1899 году. Два года спустя модель американца Чарльза Бейкера достигла скорости 130 км/ч.

В 1906 году гонщик Фред Марриотт на паромобиле "Ракета" фирмы "Стенли мотор Керридж" развил скорость 205,4 км/ч. Обтекаемый экипаж с паровой машиной мощностью 150 л. с. (110,4 кВт) весил 993 кг. В 1907 году была попытка улучшить мировой рекорд на этой же машине. Но в связи с

тем, что поверхность плато была не слишком ровной, паромобиль на скорости 290 км/ч подскочил вверх на одном из бугорков, пролетел около 30 м по воздуху и, перевернувшись несколько раз, взорвался. Гонщик получил тяжелые травмы и больше в гонках не участвовал.

В 1965 году К. Бридлав на спортивной машине с турбореактивным двигателем развил скорость 967 км/ч.

В 1970 году Г. Габелич на машине "Синее пламя" с ракетным двигателем показал скорость 1009,5 км/ч (по другим данным – 1015,5 км/ч).

В 1983 году гонщик Нобл на машине "Траст-2" показал скорость 1034,7 км/ч. Машина представляла собой сигару из легкого сплава на 4 колесах с реактивным двигателем мощностью 48000 л. с. (1 л. с. = 735,5 Вт).

В таблице 4.10 приведены данные о самых быстрых автомобилях мира.

Т а б л и ц а 4. 10 – Самые быстрые автомобили мира

Класс	Рекордная скорость, км/ч	Название автомобиля	Место и время установления рекордной скорости	
С реактивным двигателем	1034,70	"Траст-2"	Пустыня Блэк Рок, Невада, США	4.10.83
С двигателем на ракетном топливе	1001,47	"Блу флейм"	Бонневиль, Юта, США	23.10.70
С газотурбинным двигателем	690,91	"Блу берд"	Озеро Эйр, Австралия	17.07.64
С многоцилиндровым двигателем	673,52	"Гоулденрод"	Бонневиль, Юта, США	12.11.65
С одноцилиндровым двигателем	575,15	"Херда-Кнапп-Милодон"	Бонневиль, Юта, США	–

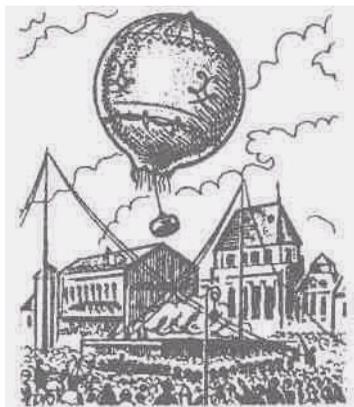
5 ВОЗДУШНЫЙ ТРАНСПОРТ

5.1 История развития воздушного транспорта

Человеку свойственно стремиться к невозможному. Извечная мечта человека – подняться в воздух подобно птице – отражена во многих легендах всех времен и народов. Люди строили крылья, склеивая несущие плоскости из птичьих перьев, мастерили из лозы, обтягивая шелком, бумагой, тончайшей кожей. Однако эти эксперименты оканчивались неудачей: небо не принимало человека. И не только природа противилась

дерзкой мечте людей, путь в небо перекрывали проклятия церковников, костры инквизиции, грозная монаршая воля.

"Человек не птица, крыльев не имеет. Аще же приставит себе аки крылья деревянные – против естества творит... За сие содружество с нечистой силой отрубить выдумщику голову... А выдумку, аки дьявольской помощью снаряженную, после божественной литургии огнем сжечь". Так повелел царь Иван Грозный – утверждает один из авторитетных историков авиации.



Но несмотря ни на что, на Руси уже в XVI веке были сделаны попытки полетов на воздушных шарах (рисунок 5.1). Так, в царствование Ивана Грозного крепостной человек совершил вокруг Александровской слободы полет, за что был казнен, а его "аппарат" сожжен. В 1696 г. безымянный русский человек пытался летать на крыльях, обтянутых тонкой кожей. В 1729 г. под Рязанью совершал полеты на крыльях, сделанных из проволоки и перьев, кузнец Черник-

Гроза. В 1731 г. в Рязани подъячий летал на воздушном шаре, наполненном горячим дымом.

Гроза. В 1731 г. в

Рисунок 5.1 – Воздушный шар

Рязани подъячий летал на воздушном шаре, наполненном горячим дымом.

Истоки научного подхода к проблеме полёта человека мы находим у титана мысли Леонардо да Винчи, который изучил аэродинамику полета птиц и нашел намного веков опередившее его время решение конструкции лета-

тельного аппарата, осуществленное фактически лишь в XX столетии.

С крыльями долго не ладилось. А мечта не давала покоя, и тогда изворотливый, хитрый и предприимчивый человек стал искать обходные пути. Он увидел, что дым отрывается от земли и улетает в небо. И старая мечта трансформировалась в новую идею.

Французы братья Жак Этьен и Жозеф Мишель Монгольфье были потомственными бумажными фабрикантами и просвещенными людьми своего времени. Старший из братьев – Жозеф – много занимался физикой и химией в лабораториях Парижа, а младший – Этьен, инженер-архитектор, – управлял всеми делами фирмы.

Братья Монгольфье рассудили просто, что если горячий воздух заключить в некоторый замкнутый объем (снаряд), то у снаряда должна возникнуть подъемная сила, и он полетит. Они понимали, что для этого очень важно не перетяжелить оболочку будущего снаряда.



Поэтому они взяли самую прочную и самую тонкую бумагу, какую только вырабатывали на их фабрике, склеили остроконечный мешок с открытой горловиной в нижней части, наполнили мешок горячим дымом, и 5 июня 1783 года снаряд оторвался от земли и полетел. 19 сентября состоялся второй полет с пассажирами (петухом, бараном и уткой).

После благополучного подъема и приземления животных логика требовала отправить в полет и человека. В качестве пилотов воздушного шара согласились быть Пилатр де Розье (рисунок 5.2), который уже сделал несколько подъемов на привязанном шаре Монгольфье, и маркиз д'Арланд (рисунок 5.3).

Этот полет, продолжительностью около 20 минут, состоялся 21 ноября 1783 года. Дальность полета составила около 9 км.



Рисунок 5.3 – Маркиз д'Арланд

В этом же году французский физик профессор Жак Александр Шарль совершил полет на шаре, наполненном водородом (шарльере).

Воздушные шары братьев Монгольфье (монгольфьеры) летали довольно успешно. Однако список жертв воздухоплавания суждено было открыть Пилатру де Розье, который погиб спустя два года после своего первого полета.

И монгольфьеры, и шарльеры со временем получили общее название – *аэростаты*.

В 1875 г. Д. И. Менделеев предложил проект управляемого стратостата, который был прообразом созданного позднее дирижабля.

Воздушные шары свободного парения никогда не были и не могли считаться средством регулярного транспорта.



Рисунок 5.4 – Ф.Цепелин

Только с созданием в 1900 г. Фердинандом Цепелином (рисунок 5.4) первого управляемого дирижабля жесткой конструкции (рисунок 5.5) начались попытки создания регулярных рейсов.

С 1910 по 1914 год немецкие дирижабли выполнили свыше полутора тысяч полетов и перевезли 34028 пассажиров. Дирижабль "Граф Цепелин", построенный в 1929 году, поднимал 30 тонн груза и 54 человека, размещавшихся в двухместных каютах. На нем был оборудован буфет с электрической кухней, а в ванны

комнаты подавалась горячая и холодная вода. Этот дирижабль совершил 529 полетов, из них 114 через Атлантику, пролетел 1 700 000 километров, перевез около 160 тысяч пассажиров.

Дирижабль "Акрон", построенный в США в 1932 году, носил в себе 5 самолетов, стартовавших и возвращавшихся на борт дирижабля при его полете.

Достигнув огромных успехов, дирижаблестроение постепенно стало свертываться и в середине тридцатых годов XX века почти исчезло.

Причинами этого было то, что доверие к дирижаблям было подорвано целым рядом крупных катастроф.

Последний гигантский дирижабль

"Гинденбург", при-надлежавший Германии, взор-вался в воздухе 6 мая 1937 г. во время

причаливания его к мачте на американском аэродроме

Лейкхэст. Надежность летающих гигантов признали недостаточной. Вся беда была в том, что водород, которым наполнялось большинство управляемых аэростатов, взрывоопасен, а негорючий и невзрывающийся гелий, хоть и нашел себе применение в воздухоплавании, оказался в ту пору слишком дорогим.

Вторая и весьма существенная причина – хранить гиганты дирижабли на земле, особенно в непогоду и при сильном ветре, было очень сложно.

К тому же сравнительно низкая скорость дирижаблей никак не могла удовлетворить все возрастающие требования времени.

Еще совсем недавно казалось: дирижабли окончательно отжили свое. Но в последнее время идея дирижаблестроения получила новое развитие.

Доводом в пользу создания новых дирижаблей может служить то, что если принять стоимость переброски одной тонны груза на один километр для самолета за единицу, то для вертолета она составит 5,65, а для дирижабля всего 0,33. Дирижабль, наполненный гелием, построенный из современных материалов, может быть самым безопасным и самым большегрузным летательным аппаратом, который может эксплуатироваться без дорогостоящих аэродромов.

Идея создания летательного аппарата тяжелее воздуха (идея авиации) появилась и разрабатывалась значительно ранее идеи воздушного шара. В 1754 году М. В. Ломоносов предложил проект летательного аппарата в виде двухвинтового вертолёта, который он назвал аэродинамической машиной.

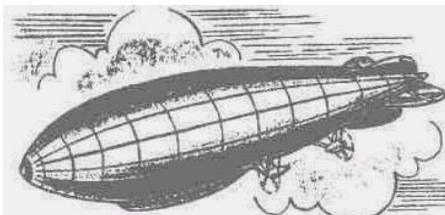


Рисунок 5.5 – Дирижабль аэродроме



Огромная заслуга в области разработки планеров принадлежит инженеру Отто Лилиенталю (рисунок 5.6) и его брату Густаву, владельцам механической мастерской, которые жили в пригороде Берлина – Штеглице. Никто до

Отто Лилиенталя не сумел так четко обосновать теорию и практику планирующего полета, как это сделал он.

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 самолета 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

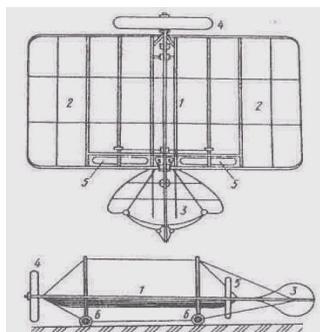


Рисунок 5.7 – Самолет и двигатель Можайского: 1 – фюзеляж; 2 – крылья; 3 – хвостовое оперение; 4 – передний тянущий винт; 5 – толкающие винты; 6 – шасси

установку. А. Ф. Можайский в 1888 г. построил двухмоторный самолет тремя винтами (рисунок 5.7). Он сам спроектировал установлен-

ые 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 (рисунок 5.8) и Уилбур (рисунок 5.9) 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 Блерию на моноплане собственной



конструкции за 32 минуты пересек пролив Ла-Манш.

27 августа 1913 года Петр Николаевич Нестеров (рисунок 5.10) замкнул в киевском небе свою пер-

8 – О.Райт

вую 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 соз-

Рисунок 5.9 – У.Райт

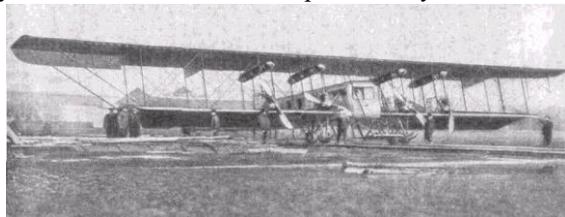


Рисунок 5.10 –
новый "Свигогор"

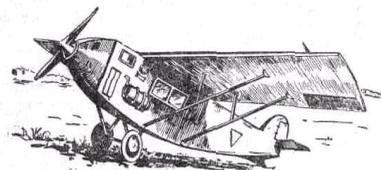
дали первые оригинальные конструкции отечественных самолетов. В 1913 г. русскими конструкторами во главе с И. И. Сикорским был построен огромный по тому времени самолет "Большой Балтийский", а затем – "Русский витязь" с полетным весом 4,2 т (за рубежом не было самолета тяжелее 1 т). Этот первый в мире 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 (рисунок 5.11) и спроектирован

с полётным весом 6,5 т и скоростью полёта 114 км/ч.

Летом 1918 года под руководством Николая Егоровича Жуковского – отца русской авиации – была создана "Летучая лаборатория", преобразованная в декабре в Центральный аэродинамический институт (ЦАГИ).



Начался быстрый процесс создания новых самолетов и двигателей к ним. 8 февраля 1924 г. в воздух поднялся перенец гражданской авиации трехместный пассажирский самолет АК-1 (рисунок 5.12) конструкторов В. А. Александрова и В. В. Калинина. В 1925 г. этот самолет участвовал в дальнем перелете по маршруту Москва – Пекин.



В мае 1924 года совершил полет первый цельнометаллический самолет конструкторского бюро А. Н. Туполева АНТ-2 (3 места) с двигателем 100 л. с. Год спустя в ЦАГИ был соз-

Рисунок 5.12 – Пассажирский
самолет АК-1

дан цельнометаллический тяжелый самолет АНТ-4 "Страна Советов" с двумя двигателями, на котором были установлены мировые рекорды по грузоподъемности и дальности полётов. На этом самолете в 1929 г. экипаж Шестакова совершил полет по маршруту: Москва – Омск – Новосибирск – Красноярск – Чита – Хабаровск – Петропавловск-на-Камчатке – Сизтл – Сан-Франциско – Чикаго – Нью-Йорк (21242 км, из них 8000 км над водой).

В 1929 году М. М. Громов на новом цельнометаллическом самолёте АНТ-9 пролетел 9037 км за 53 лётных часа.

В 1930-31 годах появился один из крупнейших самолётов того времени – АНТ-14 вместимостью 36 пассажиров.

В 1934 г. был сконструирован АНТ-20 "Максим Горький" на 80 пассажиров с 6 и 8 двигателями по 900 л. с., скоростью 250 км/ч и полетной массой 42 т.

Создавались сверхдальние самолёты АНТ-25 (рисунок 5.13). На таком самолёте в 1937 году экипаж В. П. Чкалова совершил беспересадочный 63-часовой полет Москва-Ванкувер (Канада) через Северный полюс, а экипаж М. М. Громова (12–14 июля 1937 г.) пролетел без посадки 10200 км за 62 ч 17 мин из Москвы через Северный полюс в Калифорнию.

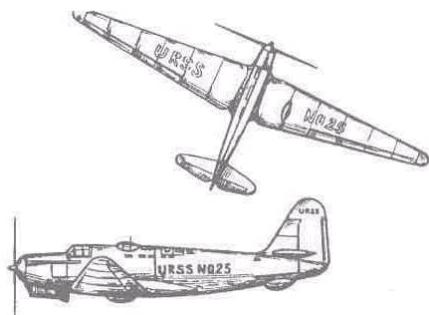


Рисунок 5.13 – Самолет АНТ-25
идея хотя и проста, но она требует весьма не простого воплощения. Вот почему был такой длинный путь к летающему вертолету.

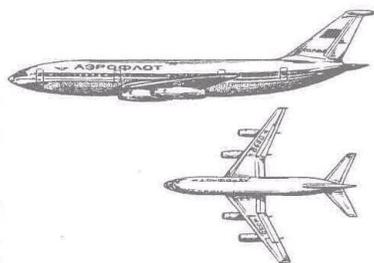
В 1934 году в качестве мирового рекорда было зарегистрировано достижение вертолета FW-61, конструкции Генриха Фокке: высота 3427 метров, продолжительность полета – 1 час 20 минут, максимальная скорость – 122,55 км/час.

Большие успехи гражданской авиации в перевозках достигнуты в послевоенный период. За это время трижды был обновлен парк самолётов. Созданы самолёты Ил-12 и Ил-14, которые были для своего времени вершиной авиатехники. Поршневая техника доминировала до 60-х годов. Но для больших скоростей этот двигатель становится тяжёлым. Поэтому

уже с конца 50-х годов стали интенсивно выпускаться **самолёты второго поколения с турбинными двигателями**, в которых около 95 % тяги дает винт, а 5 % – реактивная струя горячих газов. К этой категории относятся надёжные самолёты с высоким летным ресурсом Ан-24 и Ил-18. Последний отмечен золотой медалью в Брюсселе. Его приобрели 17 иностранных авиакомпаний. Он использовался для доставки полярников в Антарктиду. Позже на этой работе его сменил Ил-76Д.

Флагманом воздушного флота в 60-х годах был турбовинтовой самолет Ту-114 (4 двигателя по 15000 л. с., крейсерская скорость 750 – 850 км/ч, что тогда было недоступно ни одному винтовому самолёту в мире). В течение почти 20 лет самолёты этого типа обслуживали линии, совершая беспересадочные полёты по маршрутам: Москва – Гавана, Москва – Монреаль, Москва – Токио и др. В конце 70-х годов последние экземпляры Ту-114, выработавшие свои ресурсы, навечно покинули строй действующих самолётов.

Позже были созданы **машины третьего поколения – турбореактивные**, приблизив скорость движения к скорости звука. Эти самолеты получили распространение в 70-х годах и сейчас занимают ведущее положение в самолетном парке. Первым в мире турбореактивным пассажирским самолетом был Ту-104, построенный даже раньше отечественных турбовинтовых самолетов второго поколения, таких как Ил-18, Ту-114 и др. В сентябре 1956 года Ту-104 совершил первый регулярный полёт из Москвы в Иркутск с 50 пассажирами на борту со скоростью 900 км/ч. Этот реактивный пассажирский самолёт открыл новую эру в гражданской авиации.



двухпалубный

22 декабря 1976 года впервые поднялся в воздух опытный образец аэробуса Ил-86 на 350 мест (рисунок 5.14). Это широкофюзеляжный

самолет, снабженный 4 турбовентиляторными двигателями, позволяющими развивать скорость до 1000 км/ч. Позже был создан широкофюзеляжный дальний магистральный самолет Ил-96-300, который без посадки может преодолевать расстояние около 10 тыс. км, взяв на борт 300 пассажиров.

С 70-х годов флагманом гражданского флота стал турбореактивный самолёт Ил-62, который берет до 198 пассажиров и развивает скорость 900–1000 км/ч при дальности полёта 9–11 тыс. км. На смену Ту-104 и Ил-18 пришел более экономичный, реактивный Ту-154, вместимостью до 180 пассажиров.

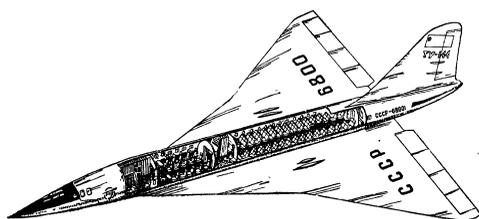
На линиях средней протяженности ведущее место



занимает Ту-134 на 80 мест при дальности полёта 3200 км, а на местных линиях – Як-40 вместимостью 33 пассажира, дальность полета – 1500 км, скорость – 820 км/ч. Широкое распространение при обслуживании линий малой и средней протяженности получил 120 местный реактивный пассажирский самолет Як-42 (рисунок 5.15).

Для обслуживания дальних магистральных линий был создан сверхзвуковой пассажирский самолет Ту-144 (рисунок 5.16), способный перевозить 126 пассажиров на расстояние 6500 км со скоростью 2350 км/ч.

Рисунок 5.15 – Реактивный самолет Як-42



В декабре 1968 г. он впервые поднялся в воздух. К сожалению, после аварии на демонстрационных полетах, эксплуатация самолетов данного типа была прекращена. 28 февраля 1969 г. совершил свой первый полет во Франции англо-

французский сверхзвуковой пассажирский самолет Ту-144

самолет "Конкорд" схожий по параметрам с Ту-144.

Все большее развитие получают грузовые перевозки. В парке грузовых машин выделяется самолёт Ан-22 "Антей" с нагрузкой 80 т. Он может взять до 700 человек или громоздкую технику.

Значительную перевозочную работу выполняет так называемая малая авиация, т. е. самолеты малой вместимости Ан-2 (рисунок 5.17), Л-410 и другие. Особенно заметна их роль в сельском хозяйстве.



Рисунок 5.17 – Самолет Ан-2

Большую работу выполняют вертолеты. Они используются в сельском хозяйстве, для врачебно-санитарной службы, на геологических изысканиях, строительстве трубопроводов, монтаже конструкций, для борьбы с лесными пожарами, ледовой разведки, поисков косяков рыб, наблюдения за дорожным движением и его регулированием и т. д. Наиболее известными вертолетами являются: Ми-1; Ми-2; Ми-4; Ми-6; Ми-8; Ми-10 (рисунок 5.18); Ка-15; Ка-18; Ка-26. Их скорость – от 130 до 300 км/ч, пассажиро-



Рисунок 5.18 – Вертолет Ми-10К – "летающий кран"

ность – от 3 до 16 пассажиров и от 0,22 до 12,0 т,
дальность полёта – от 244 до 970 км.

Характеристика наиболее распространенных самолетов и вертолетов приведена в таблицах 5.1 и 5.2.

Т а б л и ц а 5.1 – Характеристика пассажирских самолетов

Тип самолета	Крейсерская скорость, км/ч	Количество пассажирских мест или грузоподъемность	Дальность полета, км	Максимальный взлетный вес, т
Ту-114	770	200	8000	173,5
Ил-62М	900	198	10500	165
Ту-144	2350	126	6500	130
Ту-104	800	100-115	2900	78
Ил-18	600	100	3500	61,2
Ту-154	940	154	4200	60
Ил-86	950	350	4600	176
Ту-134	900	80	3000	47
Ан-24	450	52	2500	21,8
Як-40	510	27-32	1480	16,1
Ан-2	215	12	835	5,2
Ил-76	900	40 т	5700	160
Ан-225	850	250 т	4500	600

Т а б л и ц а 5.2 – Характеристика вертолетов

Тип вертолета	Крейсерская скорость, км/ч	Количество пассажиров или грузоподъемность	Дальность полета, км	Основное назначение
Ми-2	180	6-8	600	Сельское хозяйство
Ми-10	180	12 т	500	Перевозка грузов
Ми-6	250	11 т	620	Перевозка грузов
Ми-8	225	4	425	Перевозка пассажиров
Ми-1	170	3	255	Сельское хозяйство
Ми-4	140	12-16	475	Перевозка пассажиров
Ка-26	150	7 (900 кг)	400	Сельское хозяйство
Ка-18	130	3 (255 кг)	260	Сельское хозяйство
Ми-26	295	20 т	–	Перевозка грузов

5.2 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 (рисунок 5.19) 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*.

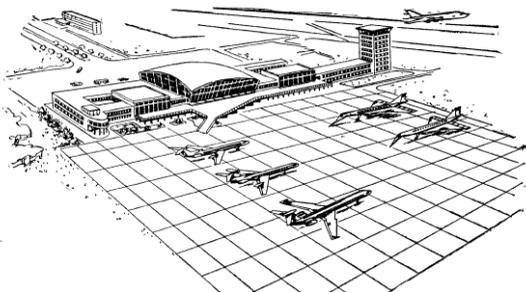


Рисунок 5.19 – Аэропорт

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.

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.

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 5.3).

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.

Т а б л и ц а 5.3 – 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 5.3 приведены не конкретные типы самолетов, а группы самолетов:

I – 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 5.20.

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 строительства, 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 (ЛПП, РД, перронов, МС); ограничением высотных препятствий в пределах приаэродромной территории; ориентированием ЛПП относительно направления господствующих ветров; взаимным размещением элементов аэродрома (например, взаимное удаление двух ВПП, РД и ВПП и т. п.); выбором местоположения аэродрома и направления ЛПП относительно других ближайших аэродромов и др.;

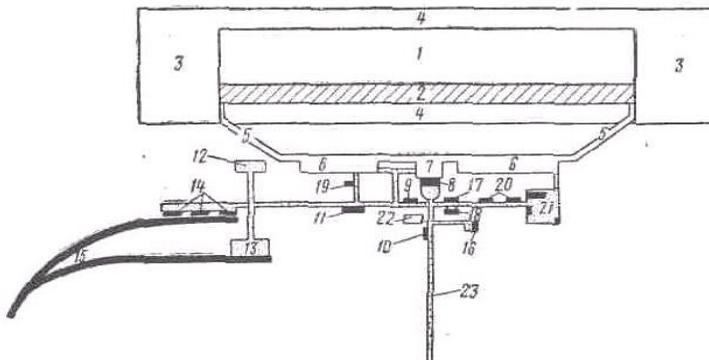


Рисунок 5.20 – Схема типового генерального плана аэропорта: 1 – летное поле; 2 – ВПП; 3 – торцовые полосы безопасности; 4 – обочины; 5 – рулежные дорожки; 6 – места стоянок самолетов; 7 – перрон; 8 – аэровокзал; 9 – склад; 10 – гостиница; 11 – гараж; 12 – аэродромный двор; 13 – склад ГСМ; 14 – складская 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

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 пробега 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 5.21.

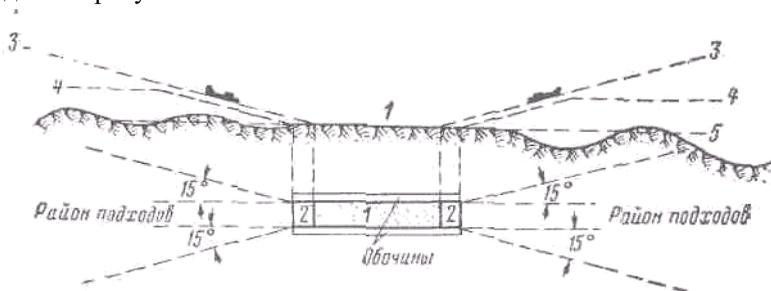


Рисунок 5.21 – Схема использования аэротеррии в районе летной зоны аэродрома: 1- летная полоса; 2 – полоса подходов; 3 – зона подходов (траектория взлета и посадки самолета); 4 – линия ограничения высоты препятствий в зонах подходов к аэродрому; 5 – линия ограничения высоты препятствий в зонах подходов к аэродрому.

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.

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 полёта различают самолеты дозвуковые, летающие со скоростями менее скорости звука (M), как правило, $0,8M$, и сверхзвуковые, крейсерская скорость которых превышает число Маха ($M = 1188$ км/ч) – скорость звука в воздухе.

В зависимости от длительности беспересадочного полета (L) различают самолеты магистральных сообщений : дальние ($L = 6000$ км и более); средние ($L = 2500...6000$ км); ближние ($L = 1000...2500$ км); самолеты местных воздушных линий ($L =$ до 1000 км).

Самолеты с взлетной массой более 75 т относят к I классу, от 30 до 75 т – к II, от 10 до 30 т – к III и с массой менее 10 т – к IV классу.

5.3 Организация полетов и руководство движением

Регулярные полеты транспортных самолетов по воздушным линиям совершаются строго по утвержденному расписанию. Эти полеты называются рейсовыми.

С целью предотвращения возможных столкновений в воздухе самолетов, совершающих полеты в облаках или в условиях плохой горизонтальной видимости, каждому самолету перед вылетом устанавливается высота эшелона, на которой он обязан совершать горизонтальный полет по маршруту до ближайшего аэропорта.

Непосредственное руководство движением самолетов в воздухе осуществляется диспетчерской службой аэропортов (АДС) и районными диспетчерскими службами (РДС).

Общая координация руководства движением в аэропорту осуществляется начальником аэропорта через начальника АДС и дежурного руководителя полетов, который непосредственно руководит взлетами самолетов, набором высоты, полетами в зоне ожидания, пробиванием облачности, заходом на посадку и посадкой самолетов.

В технологическую схему аэропорта входят четыре основные взаимосвязанные технологические линии по обслуживанию следующих потоков:

- 1) пассажиров (улетающих, прилетевших, транзитных) и их багажа;
- 2) грузов и почты;
- 3) прилетающих и вылетающих воздушных судов;
- 4) материальных ценностей, необходимых для производственной деятельности аэропорта.

Для осуществления технологического цикла по обслуживанию каждого из этих потоков в организационной структуре аэропорта, как авиатранспортного предприятия, предусмотрены соответствующие службы, а на территории аэропорта – здания, сооружения и оборудование соответствующего назначения. Обслуживание первых двух потоков (пассажиры, багаж, грузы, почта) обеспечивается службой организации перевозок аэропорта.

Технологические операции по обслуживанию пассажиров выполняются в такой последовательности: подъездная автомобильная дорога (в некоторых случаях другие виды транспорта) по маршруту город – аэропорт – город, привокзальная площадь с комплексом сооружений, аэровокзал, перрон. Для обслуживания грузовых и почтовых перевозок используются транспортные пути и средства, для доставки грузов и почты в аэропорт (из аэропорта), грузовые склады, здания отделения перевозки почты, грузовой перрон, оборудование для погрузочно-разгрузочных работ.

Обслуживание потока улетающих и прилетающих воздушных судов можно разделить на инженерно-авиационное обслуживание и летно-эксплуатационное обслуживание.

Инженерно-авиационное обслуживание воздушных судов осуществляется инженерно-авиационной службой аэропорта (ИАС). Инженерно-авиационная служба несет ответственность за содержание воздушных судов в исправном состоянии в соответствии с установленными нормативами и за их своевременную подготовку к полетам. С этой целью специальным подразделением аэропорта, авиационно-технической базой (АТБ), осуществляются установленные оперативные и периодические виды технического обслуживания воздушных судов.

Летно-эксплуатационное обслуживание воздушных судов включает в себя целый ряд различных видов обеспечения полетов и соответствующие этим видам обеспечения полетов службы аэропорта. К их числу можно

отнести такие виды обеспечения полетов, как аэродромное, радиотехническое, светотехническое, метеорологическое, медицинское, обеспечение режима и охраны воздушных судов.

Аэродромное обеспечение полетов осуществляется аэродромной службой аэропорта и включает комплекс мероприятий по поддержанию в постоянной эксплуатационной готовности аэродрома в соответствии с требованиями, установленными нормативными документами гражданской авиации.

Для *радиосветотехнического обеспечения* полетов используются автоматизированные системы управления воздушным движением (УВД), радиотехнические системы и средства навигации, радиолокационные, радиомаячные системы посадки, системы светосигнального оборудования аэродромов, средства связи и др.

Организация, планирование и обеспечение движения воздушных судов на воздушных трассах и в районе аэродрома возлагаются на службу движения аэропорта в установленных для нее границах. Одним из основных сооружений службы движения аэропорта является командно-диспетчерский пункт (КДП). КДП обеспечивает управление воздушным движением в пределах установленных границ; управление движением воздушных судов, а также контроль за движением специальных машин по аэродрому; управление радиосветотехническими средствами и контроль за их работой.

Обеспечение органов управления воздушным движением (УВД) радиотехническими средствами связи и контроля за движением воздушных судов, а также содержание этих средств в исправном состоянии возлагаются на *службу эксплуатации радиотехнического оборудования и связи (ЭРТОС)*. Аналогичные функции в отношении светотехнических средств выполняет служба *светотехнического обеспечения полётов и электроустановок (ЭСТОП)*.

Метеорологическое обеспечение полетов заключается в своевременном доведении до командно-руководящего состава, летного состава, работников службы движения и аэродромной службы метеорологической информации, необходимой для выполнения возложенных на них обязанностей.

Медицинское обеспечение полетов предусматривает прохождение летным составом, бортпроводниками, диспетчерами УВД и руководителями полетов в установленном порядке медицинских освидетельствований, врачебных осмотров и медицинского контроля. Медицинское обеспечение полетов осуществляется медсанчастью аэропорта.

Для обеспечения производственной деятельности аэропорта на его территорию непрерывно поступают значительные массы материальных ценностей: авиационные и автомобильные ГСМ, авиационно-техническое имущество, продовольствие, хозяйственное имущество, ремонтно-

строительные материалы и др. Для осуществления технологических операций, связанных с приемом, хранением и выдачей материальных ценностей, на служебно-технической территории аэропорта создаются соответствующие склады, оборудование для разгрузочно-погрузочных работ, подъездные автомобильные и железные дороги.

Все службы аэропорта, обеспечивающие регулярные прием и отправку пассажиров, багажа, грузов и почты, организацию и обслуживание полетов воздушных судов, хозяйственную деятельность аэропорта, находятся в непрерывном взаимодействии.

5.4 Научно-технические проблемы развития воздушного транспорта

Одной из основных проблем развития воздушного транспорта является *повышение вместимости пассажирских самолетов*. От вместимости самолетов зависит себестоимость 1 пассажиро-километра. Чем выше вместимость, тем меньше себестоимость. Себестоимость 1 пассажиро-километра на тяжелых, хотя и сложных реактивных самолетах в 5–10 раз ниже, чем на легких и технически простых поршневых машинах. При этом уменьшается густота движения самолетов.

В последнее время повышенный интерес проявляется к разработке умеренно крупных экономичных самолетов вместимостью 200–300 пассажиров. Создан новый дальний пассажирский самолет Ил-96 вместимостью 300 пассажиров, скорость – до 1000 км/ч, дальность полета – до 11000 км. Самолет отвечает высоким требованиям экономичности и надежности. Входит в строй новый тип самолета Ту-204 вместимостью 214 мест туристского класса. Прогнозируется появление самолетов на 400–500 мест. Авторитетные специалисты говорят о возможности создания самолетов на 800 или 1000 мест.

Второй проблемой является *создание тяжелых летательных аппаратов*. До 1988 года рекордсменом мира по грузоподъемности являлся самолет Ан-124 "Руслан", который в испытательном полете поднял на высоту 10750 м груз 171,2 т при номинальной грузоподъемности 150 т.

В 1988 году создан новый более крупный самолет Ан-225, способный поднять 250 т полезного груза и транспортировать его со скоростью 850 км/ч на расстояние 4500 км. В его фюзеляже можно разместить 16 контейнеров или 80 малолитражных автомобилей. Он может принимать на "спину" фюзеляжа крупногабаритные грузы, не помещающиеся в грузовом помещении. Так могут переноситься буровые вышки, крупные блоки космической техники и целые аэрокосмические самолеты типа "Буран". Взлетная масса самолета достигает 600 т.

Та же тенденция наблюдается и при конструировании вертолетов. В течение многих лет крупнейшим в мире вертолетом был советский Ми-6. Он поднимает до 11 т груза. Его вариант Ми-10 поднимает до 12 т груза, может брать автобусы, небольшие домики и другие громоздкие конструкции. Вертолетом-гигантом является советский вертолет В-12 (Ми-12). Он имеет 4 двигателя по 6500 л. с., скорость – 240 км/ч. Длина фюзеляжа – 28 м, высота – 4,4 м, что позволяет принимать практически любую громоздкую технику.

Третьей проблемой остается повышение топливной экономичности. В настоящее время в мире на первый план выдвинулась проблема топливной экономичности летательных аппаратов. Главные требования к летательным аппаратам располагаются в следующем порядке: *экономичность, регулярность, шум, комфорт, скорость.*

По расходу топлива до 2000 года лучшими самолетами признаются: Ил-96 (Ил-62) – для дальних линий; Як-42 и Ту-334, Ил-114 – для ближних и средних линий; Ан-28, Л-610 – для местных линий; Ан-3 – для сельского хозяйства.

Из других проблем научно-технического характера развития воздушного транспорта можно назвать такие, как:

- обеспечение безопасности полетов;
- управление воздушным движением;
- развитие аэропортов и совершенствование их работы;
- автоматизация продажи билетов и резервирования мест (система "Сирена-3");
- создание гражданских самолетов укороченного и вертикального взлетов;
- повышение скорости движения.

5.5 Показатели работы воздушного транспорта

На воздушном транспорте, кроме общих для всех видов транспорта, рассчитываются следующие показатели работы.

Коэффициент занятости пассажирских кресел самолета $f_{\text{кпс}}$ характеризует использование кресел самолета. Он определяется делением выполненных пассажиро-километров $\sum P l_{\text{пас}}$ на предельные пассажиро-километры (кресло-километры) $\sum P l_{\text{пс}}^{\text{max}}$:

$$f_{\text{кпс}} = \sum P l_{\text{пас}} / \sum P l_{\text{пс}}^{\text{max}}. \quad (5.1)$$

Реальная скорость доставки пассажиров из пункта отправления в пункт назначения v определяется делением протяженности воздушной линии

между данными пунктами L на время, затрачиваемое пассажирами на поездку воздушным транспортом ΣT .

$$v = L / \Sigma T. \quad (5.2)$$

Время, затрачиваемое на поездку, складывается из времени транспортировки из населенного пункта в аэропорт t_T^1 ; ожидания в аэропорту отправления t_o^1 ; полета, включая остановки в промежуточных аэропортах t_n ; ожидания в аэропорту назначения t_o^2 ; транспортировки из аэропорта в населенный пункт t_T^2 :

$$\Sigma T = t_T^1 + t_o^1 + t_n + t_o^2 + t_T^2. \quad (5.3)$$

Из приведенной формулы видно, что общее время, затрачиваемое на поездку воздушным транспортом, складывается из лётного и наземного. Наземное время в среднем составляет около 3–3,5 ч.

Налет часов Σat на списочный самолет и вертолет – показатель, характеризующий эффективность использования самолетов и вертолетов. Определяется суммированием налета часов самолетами и вертолетами различных типов транспортной авиации.

Средний налет часов $W_{\text{ч}}$ на один самолет списочного парка определяется делением общего налета часов самолетами и вертолетами списочного парка $\Sigma W_{\text{ч}}$ на среднесписочный парк самолетов и вертолетов $\Sigma n_{\text{спис}}$:

$$W_{\text{ч}} = \Sigma W_{\text{ч}} / \Sigma n_{\text{спис}}. \quad (5.4)$$

Коммерческая загрузка самолета (вертолета) q_n определяется делением общей работы в приведенных тонно-километрах $\Sigma Ql_{\text{пр}}$ на число километров (налет) $W_{\text{км}}$, выполненных самолетами или вертолетами данного типа:

$$q_n = \Sigma Ql_{\text{пр}} / W_{\text{км}}. \quad (5.5)$$

Коэффициент использования коммерческой грузоподъемности самолетов f_k – показатель, характеризующий использование их нормативной коммерческой грузоподъемности. Определяется делением приведенных тонно-километров $\Sigma Ql_{\text{пр}}$ на предельный объем приведенных тонно-километров $\Sigma Ql_{\text{пр}}^{\text{max}}$:

$$f_k = \Sigma Ql_{\text{пр}} / \Sigma Ql_{\text{пр}}^{\text{max}}, \quad (5.6)$$

где под предельным объемом приведенных тонно-километров понимают сумму предельного пассажирооборота (сумма произведений числа кресел на пройденные расстояния) и предельного грузооборота (возможный

предельный грузооборот при полном использовании нормативной коммерческой грузоподъемности самолетов).

Техническая дальность полета $L_{\text{техн}}$ – наибольшее расстояние, которое самолет (вертолет) может пролететь при штиле относительно земли, полностью израсходовав заправленное в его баки топливо к моменту посадки.

Практическая дальность полета $L_{\text{практ}}$ – расстояние, которое самолет (вертолет) может пролететь относительно земли при остатке предусмотренного для навигационного запаса топлива в баках к моменту посадки.

Крейсерская скорость $v_{\text{кр}}$ – расстояние, пройденное в единицу времени при равномерном, прямолинейном горизонтальном полете самолета и работе двигателей на крейсерском режиме и расчетных высоте полета и массе самолета.

Рейсовая скорость $v_{\text{р}}$ – среднее расстояние, пройденное самолетом в единицу времени (без учета времени посадок в пути) в штиль с учетом затрат летного времени на всех этапах полета от разбега до посадки.

Коммерческая скорость $v_{\text{ком}}$ – расстояние, пройденное в единицу времени от разбега в начальном до посадки в конечном аэропорту с учетом остановок в промежуточных аэропортах.

Производительность самолета и вертолета W – объем транспортной продукции, выполненной самолетом (вертолетом) за 1 ч. Определяется делением приведенных тонно-километров $\Sigma QI_{\text{пр}}$ на налет часов $W^{\text{ч}}_{\text{произв}}$ или как произведение коммерческой загрузки $q_{\text{к}}$ на эксплуатационную скорость $v_{\text{э}}$:

$$(5.7) \quad W = \Sigma QI_{\text{пр}} / W^{\text{ч}}_{\text{произв}} = q_{\text{к}} v_{\text{э}}.$$

Этот показатель может быть определен для всего парка самолетов и по каждому их типу.

5.6 Достижения воздушного транспорта

Первый контролируемый и продолжительный полет осуществил около Килл Девил Хилла (Китти Хок, Северная Королина, США) в 10 ч 35 мин утра 17 декабря 1903 года Орвилл Райт (1871–1948) на самолете "Флайер-1" (оснащенном двигателем с цепной передачей мощностью 12 л. с.), пролетев 36,5 м по воздуху со

скоростью 48 км/ч.

Первым в мире пассажиром аэроплана стал Ч. Фэрнас. В 1908 году он пролетел 600 м с одним из братьев Райт, полет длился 28,6 с.

Первый в мире воздушный бой произошел над Мехико в 1913 году. Пилоты обменялись пистолетными выстрелами.

Первый самолет, уничтоженный тараном, – австрийский двухместный аэроплан, 1914 год. Таран осуществил штабс-капитан русской армии Петр Нестеров. Нестеров вошел в историю еще и как пилот, первым выполнивший "мертвую петлю". Он же стал первым русским летчиком, погибшим в бою.

Первое в мире регулярное воздушное сообщение было организовано в 1919 году между Парижем и Лондоном. Самолет поднимал на борт 4 пассажиров, билет стоил 21 фунт стерлингов, время в пути в одну сторону составляло 2 ч 30 мин.

В мае 1924 г. совершил полет первый цельнометаллический самолет АНТ-2 (3 места) с двигателем 100 л. с.

В 1925 г. был создан моноплан АНТ-4 "Страна Советов" с двумя двигателями. На этом самолете в 1929 г. экипаж Шестакова совершил полет по маршруту: Москва – Омск – Новосибирск – Красноярск – Чита – Хабаровск – Петропавловск-на-Камчатке – Сизтл – Сан-Франциско – Чикаго – Нью-Йорк (21242 км, из них 8000 км над водой).

Самый первый одиночный перелет вокруг света совершил Вайли Хардемманн Пост (1898–1935) (США) на самолете "Вини Мэ" компании "Локхид вега", вылетев из Флойд Беннет Филд (Нью-Йорк) 15 июля и возвратившись туда же 22 июля 1933 г. На пути он совершил 10 посадок. Однако расстояние 25099 км за 115 ч 36 мин было преодолено на слишком высоких широтах, что, строго говоря, не позволяет считать этот полет кругосветным.

На АНТ-25 в 1937 г. экипаж В. П. Чкалова совершил беспересадочный 63-часовой полет Москва – Ванкувер (Канада) через Северный полюс, а экипаж М. М. Громова (1937 г.) пролетел без посадки 10200 км за 62 ч 17 мин из Москвы через Северный полюс в Калифорнию.

Крупнейшим воздушным судном был немецкий дирижабль "Граф Цеппелин II", вес которого составлял 213,9 т, длина – 245 м, объем – 199981м³. Впервые дирижабль поднялся в воздух 14 сентября 1938 г. Его собрат "Гинденбург" был на 1,7 м длиннее.

Рекорд по продолжительности полета равен 64 дням 22 ч 19 мин 5 с. Он установлен Робертом Тиммом и Джоном Куком на самолете "Сессна-172 Гасиенда". Они взлетели с аэродрома "Маккерен" в Лас-Вегасе в 15 ч 53 мин по местному времени 4 декабря 1958 г. и приземлились на том же аэродроме в 14 ч 12 мин 7 февраля 1959 г. Дозаправляясь в воздухе без посадки, они пролетели расстояние, равное шести экваторам земного шара.

Флагманом воздушного флота в 60-х годах был турбовинтовой самолет Ту-114 (4 двигателя по 15000 л. с., крейсерская скорость – 750 – 800 км/ч).

Самолёт Ту-144 способен летать со скоростью 2,35 М (1 М равен скорости звука в воздухе – 334 м/с, или 1188 км/ч) на высоте 20 км при дальности полета 6500 км. Схож с ним по характеристикам самолет англо-французского производства "Конкорд". В настоящее время разрабатываются проекты гиперзвуковых самолетов для полетов со скоростью 5 М и выше.

Самое большое число самолетов, сбитых за один вылет, – 9. Столько японских бомбардировщиков уничтожил летчик морской авиации США Д. Маккэмпбелл в 1944 году.

Самый результативный в мире летчик-истребитель – майор Э. Хартманн (Германия), сбивший 352 самолета противника. В мае 1945 года, находясь в Чехословакии, он сдался американцам. В числе самых результативных летчиков-истребителей второй мировой войны также: майор В. Новотны (Австрия) – 258 сбитых самолетов, мичман Х. Нисизава (Япония) – 103, капитан Э. Ютуалайнен (Финляндия) – 94, гвардии полковник И. Кожедуб (СССР) – 62.

Самую большую единовременную потерю самолетов понес СССР 22 июня 1941 года. За 1 день он лишился 1811 самолетов, из них 1489 были уничтожены на земле.

Наибольшая высота, на которую поднялся самолет, – 37650 м. В 1977 г. её достиг советский летчик А. Федотов на самолете КБ Микояна Е-266М.

Самое большое число пассажиров, перевезенных на гражданском самолете за 1 рейс, – 1087 человек. В "Боинге-747" при срочной эвакуации беженцев из Эфиопии в 1991 году были демонтированы все служебные отсеки и туалеты, за исключением 4. При поднятых подлокотниках на четырех сиденьях умещалось по 6 человек. За время полета на борту родились 3 младенца.

Самая крупная в мире авиакатастрофа – столкновение двух "Боингов-747" в Тенерифе, 1977 год. Погибли 583 человека.

Самый покупаемый в мире гражданский самолет – "Боинг-737". Самый популярный самолет в мире – Ан-2 (СССР). Первый полет осуществлен в 1947 году. С тех пор в СССР построено свыше 5 тысяч таких машин, в Польше – 12 тысяч, в Китае – 1 тысяча.

Рекордной скорости в воздухе – 3529,56 км/ч достигли капитаны Эддон У. Джерц и Джорж Т. Морган на самолете "Локхид SR-71A" ("Блэкбёрд") 28 июля 1976 г. на 25-километровом отрезке в районе базы ВВС США "Бил" в Калифорнии.

Самый большой самолет – АН-225 ("Мрия"). Первый полет осуществлен в 1988 г. Взлетный вес самолета – 600 т.

Крупнейший аэропорт – им. короля Халида (Саудовская Аравия). Открыт в 1983 году. Его площадь составляет 221 кв. км.

Самое интенсивное движение самолетов – аэропорт О'Хара (Иллинойс, США). В 1989 году взлеты и посадки проходили там каждые 40,4 с круглосуточно.

Наибольшая высота, с которой человек упал без парашюта и остался в живых, – 10160 м. 26 января 1972 года югославский самолет "Дуглас-9" взорвался над ЧССР. Стюардесса В. Вулович осталась жива, отделавшись лишь многочисленными переломами. 27 дней она провела в коме, а затем 16 месяцев находилась в госпитале.

ного для навигационного запаса топлива в баках к моменту посадки.

Крейсерская скорость $v_{кр}$ – расстояние, пройденное в единицу времени при равномерном, прямолинейном горизонтальном полете самолета и работе двигателей на крейсерском режиме и расчетных высоте полета и массе самолета.

Рейсовая скорость v_p – среднее расстояние, пройденное самолетом в единицу времени (без учета времени посадок в пути) в штиль с учетом затрат летного времени на всех этапах полета от разбега до посадки.

Коммерческая скорость $v_{ком}$ – расстояние, пройденное в единицу времени от разбега в начальном до посадки в конечном аэропорту с учетом остановок в промежуточных аэропортах.

Производительность самолета и вертолета W – объем транспортной продукции, выполненной самолетом (вертолетом) за 1 ч. Определяется делением приведенных тонно-километров $\Sigma QI_{пр}$ на налет часов $W^ч_{произв}$ или как произведение коммерческой загрузки q_k на эксплуатационную скорость $v_э$:

$$W = \Sigma QI_{пр} / W^ч_{произв} = q_k v_э. \quad (5.7)$$

Этот показатель может быть определен для всего парка самолетов и по каждому их типу.

5.6 Достижения воздушного транспорта

Первый контролируемый и продолжительный полет осуществил около Килл Девил Хилла (Китти Хок, Северная Королина, США) в 10 ч 35 мин утра 17 декабря

1903 года Орвилл Райт (1871–1948) на самолете "Флайер-1" (оснащенном двигателем с цепной передачей мощностью 12 л. с.), пролетев 36,5 м по воздуху со скоростью 48 км/ч.

Первым в мире пассажиром аэроплана стал Ч. Фэрнас. В 1908 году он пролетел 600 м с одним из братьев Райт, полет длился 28,6 с.

Первый в мире воздушный бой произошел над Мехико в 1913 году. Пилоты обменялись пистолетными выстрелами.

Первый самолет, уничтоженный тараном, – австрийский двухместный аэроплан, 1914 год. Таран осуществил штабс-капитан русской армии Петр Нестеров. Нестеров вошел в историю еще и как пилот, первым выполнивший "мертвую петлю". Он же стал первым русским летчиком, погибшим в бою.

Первое в мире регулярное воздушное сообщение было организовано в 1919 году между Парижем и Лондоном. Самолет поднимал на борт 4 пассажиров, билет стоил 21 фунт стерлингов, время в пути в одну сторону составляло 2 ч 30 мин.

В мае 1924 г. совершил полет первый цельнометаллический самолет АНТ-2 (3 места) с двигателем 100 л. с.

В 1925 г. был создан моноплан АНТ-4 "Страна Советов" с двумя двигателями. На этом самолете в 1929 г. экипаж Шестакова совершил полет по маршруту: Москва – Омск – Новосибирск – Красноярск – Чита – Хабаровск – Петропавловск-на-Камчатке – Сизтл – Сан-Франциско – Чикаго – Нью-Йорк (21242 км, из них 8000 км над водой).

Самый первый одиночный перелет вокруг света совершил Вайли Хардемэнн Пост (1898–1935) (США) на самолете "Вини Мэ" компании "Локхид вега", вылетев из Флойд Беннет Филд (Нью-Йорк) 15 июля и возвратившись туда же 22 июля 1933 г. На пути он совершил 10 посадок. Однако расстояние 25099 км за 115 ч 36 мин было преодолено на слишком высоких широтах, что, строго говоря, не позволяет считать этот полет кругосветным.

На АНТ-25 в 1937 г. экипаж В. П. Чкалова совершил беспересадочный 63-часовой полет Москва – Ванкувер (Канада) через Северный полюс, а экипаж М. М. Громова (1937 г.) пролетел без посадки 10200 км за 62 ч 17 мин из Москвы через Северный полюс в Калифорнию.

Крупнейшим воздушным судном был немецкий дирижабль "Граф Цеппелин II", вес которого составлял 213,9 т, длина – 245 м, объем – 199981 м³. Впервые дирижабль поднялся в воздух 14 сентября 1938 г. Его собрат "Гинденбург" был на 1,7 м длиннее.

Рекорд по продолжительности полета равен 64 дням 22 ч 19 мин 5 с. Он установлен Робертом Тиммом и Джоном Куком на самолете "Сессна-172 Гасиенда". Они взлетели с аэродрома "Маккерен" в Лас-Вегасе в 15 ч 53 мин по местному времени 4 декабря 1958 г. и приземлились на том

же аэродроме в 14 ч 12 мин 7 февраля 1959 г. Дозаправляясь в воздухе без посадки, они пролетели расстояние, равное шести экваторам земного шара.

Флагманом воздушного флота в 60-х годах был турбовинтовой самолет ТУ-114 (4 двигателя по 15000 л. с., крейсерская скорость – 750 – 800 км/ч).

Самолёт Ту-144 способен летать со скоростью 2,35 М (1 М равен скорости звука в воздухе – 334 м/с, или 1188 км/ч) на высоте 20 км при дальности полета 6500 км. Схож с ним по характеристикам самолет англо-французского производства "Конкорд". В настоящее время разрабатываются проекты гиперзвуковых самолетов для полетов со скоростью 5 М и выше.

Самое большое число самолетов, сбитых за один вылет, – 9. Столько японских бомбардировщиков уничтожил летчик морской авиации США Д. Маккэмпбелл в 1944 году.

Самый результативный в мире летчик-истребитель – майор Э. Хартманн (Германия), сбивший 352 самолета противника. В мае 1945 года, находясь в Чехословакии, он сдался американцам. В числе самых результативных летчиков-истребителей второй мировой войны также: майор В. Новотны (Австрия) – 258 сбитых самолетов, мичман Х. Нисизава (Япония) – 103, капитан Э. Ютуалайнен (Финляндия) – 94, гвардии полковник И. Кожедуб (СССР) – 62.

Самую большую одновременную потерю самолетов понес СССР 22 июня 1941 года. За 1 день он лишился 1811 самолетов, из них 1489 были уничтожены на земле.

Наибольшая высота, на которую поднялся самолет, – 37650 м. В 1977 г. её достиг советский летчик А. Федотов на самолете КБ Микояна Е-266М.

Самое большое число пассажиров, перевезенных на гражданском самолете за 1 рейс, – 1087 человек. В "Боинге-747" при срочной эвакуации беженцев из Эфиопии в 1991 году были демонтированы все служебные отсеки и туалеты, за исключением 4. При поднятых подлокотниках на четырех сиденьях умещалось по 6 человек. За время полета на борту родились 3 младенца.

Самая крупная в мире авиакатастрофа – столкновение двух "Боингов-747" в Тенерифе, 1977 год. Погибли 583 человека.

Самый покупаемый в мире гражданский самолет – "Боинг-737". Самый популярный самолет в мире – Ан-2 (СССР). Первый полет осуществлен в 1947 году. С тех пор в СССР построено свыше 5 тысяч таких машин, в Польше – 12 тысяч, в Китае – 1 тысяча.

Рекордной скорости в воздухе – 3529,56 км/ч достигли капитаны Эддон У. Джерц и Джорж Т. Морган на самолете "Локхид SR-71A" ("Блэкбёрд") 28 июля 1976 г. на 25-километровом отрезке в районе базы ВВС США "Бил" в Калифорнии.

Самый большой самолет – АН-225 ("Мрия"). Первый полет осуществлен в

1988 г. Взлетный вес самолета – 600 т.

Крупнейший аэропорт – им. короля Халида (Саудовская Аравия). Открыт в 1983 году. Его площадь составляет 221 кв. км.

Самое интенсивное движение самолетов – аэропорт О'Хара (Иллинойс, США). В 1989 году взлеты и посадки проходили там каждые 40,4 с круглосуточно.

Наибольшая высота, с которой человек упал без парашюта и остался в живых, – 10160 м. 26 января 1972 года югославский самолет "Дуглас-9" взорвался над ЧССР. Стюардесса В. Вулович осталась жива, отделавшись лишь многочисленными переломами. 27 дней она провела в коме, а затем 16 месяцев находилась в госпитале.

6 ТРУБОПРОВОДНЫЙ ТРАНСПОРТ

6.1 История развития трубопроводного транспорта

Трубопроводы, предназначенные для перемещения жидкостей, известны с древних времен. Это были прежде всего водопроводы, которые в настоящее время имеют огромное распространение и не считаются транспортными коммуникациями.

В современной транспортной терминологии под трубопроводным транспортом обычно понимают трубопроводы в комплексе с другими устройствами, предназначенные преимущественно для перекачки нефти, нефтепродуктов и газа.

Первые нефтепроводы были построены в середине XIX в. в Америке. В России первый нефтепровод с трубой диаметром 100 мм и протяженностью 12 км соединил в 70-х годах прошлого столетия Балахнинские промыслы с нефтеперерабатывающим заводом в районе Баку. В 1897–1909 годах был построен один из крупнейших для своего времени нефтепровод для передачи керосина от Баку до Батуми (850 км) с трубами диаметром 200 мм, спроектированный выдающимся русским инженером В. Г. Шуховым. Позднее были построены небольшие трубопроводы Грозный – Махачкала, Тула – Краснодар и др. Газопроводного транспорта Россия не имела.

Первые трубопроводы при Советской власти строились в основном в Закавказье и на Северном Кавказе. В годы первой пятилетки были

построены нефтепроводы Баку – Батуми (вторая линия), Грозный – Туапсе. Для транспортировки бакинской нефти на Урал в 1932 г. сооружен нефтепровод Гурьев – Орск. Ранее планировалось, что в Гурьев нефть будут доставлять из Баку морским транспортом. Однако из-за увеличения добычи нефти в Эмбенском районе Западного Казахстана построенный в 1936 г. нефтепровод стали использовать для доставки нефти на Орский нефтеперерабатывающий завод не из Баку, а из Казахстана.

В 1931–1932 гг. был построен керосинопровод Армавир (Северный Кавказ) – Трудовая (Донбасс), который имел очень большое значение для удовлетворения потребностей Украины в светлых нефтепродуктах. В середине 30-х годов были сооружены нефтепроводы в Поволжье и на Урале, в 1936 г. пущен в эксплуатацию нефтепровод Ишимбай – Уфа, в 1941 г. сооружен газопровод Дашава – Львов протяженностью 70 км. К 1940 г. общая протяженность магистральных трубопроводов составляла 4,1 тыс. км. Изменилась и география трубопроводного транспорта: кроме Закавказья и Северного Кавказа, проложены новые трубопроводы на Украине, в Поволжье, Западном Казахстане, Центральном районе.

Трубопроводы, построенные во время Великой Отечественной войны, имели важное оборонное значение. Так, например, для обеспечения топливом Ленинграда по дну Ладожского озера был проложен бензинопровод, который обеспечивал город и войска топливом. Трубопровод имел длину 30 км, в том числе его подводная часть – 21,5 км. Строительство его началось 5 мая 1942 г., а завершилось 16 июня того же года. По нему ежесуточно подавали в осажденный Ленинград до 600 т жидкого топлива. В середине 1942 г. во время битвы за Сталинград прифронтовым городом стал Саратов. Чтобы обеспечить его топливом, за 1,5 месяца был построен в тяжелейших условиях газопровод от открытого в это же время Елшанского газового месторождения до Саратова протяженностью 18 км. Во время войны были сооружены и другие газопроводы, в том числе и Вой-Вож – Ухта протяженностью 127 км. Это был первый в мире надземный газопровод на качающихся опорах. Он имел форму "змейки", что позволяло ему свободно изменять длину в пределах, необходимых для компенсации продольных деформаций в условиях мерзлых почв. В эти же годы на Дальнем Востоке был построен нефтепровод Оха (Северный Сахалин) – Софийск (Хабаровский край) для снабжения топливом промышленности Хабаровского края и кораблей Тихоокеанского флота. Общая протяженность этого нефтепровода 368 км, а диаметр труб 325 мм.

В 1960–1964 годах построен крупнейший в мире по протяженности и мощности нефтепровод «Дружба» с трубами диаметром 1020 мм. Протяженность первой очереди, построенной усилиями СССР, Польши,

Чехословакии и Венгрии, составила 5116 км. В первой половине 70-х годов была введена в действие вторая очередь, и общая протяженность нефтепровода превысила 10 тыс. км. В 1973 году введен трубопровод Усть-Балык – Альметьевск длиной 2200 км, в 1976 году Самотлор – Куйбышев, 2263 км. Позднее создана магистраль Сургут – Омск – Павлодар – Чимкент – Чарджоу для подачи сибирской нефти на нефтеперегонные заводы. Крупнейшими нефтепроводами являются нефтяная магистраль Сургут – Полоцк – Вентспилс протяженностью свыше 3300 км, а также Нижневартовск – Тихорецкая – Грозный – Баку.

Газопроводы как разновидность трубопроводного транспорта являются более "молодыми". Первый крупный газопровод Саратов – Москва протяженностью 800 км вступил в строй в июне 1946 года, в 1956 году – Ставрополь – Москва протяженностью 1254 км с трубами диаметром 720 мм. Он заменил по топливному эквиваленту расход угля, добываемого 35 небольшими шахтами Донбасса. В 1958 году было принято постановление о строительстве 37 магистральных газопроводов для газоснабжения энергетики, промышленности и городов. В 1960 году общая протяженность газопроводов достигла 21 тыс. км.

Значительным инженерным сооружением является газопровод Оренбург – западная граница СНГ протяженностью 2750 км. В настоящее время имеется шесть ниток газопроводов Западная Сибирь (Уренгой, Медвежье) – Центр – Западная Европа общей протяженностью 20 тыс. км. В настоящее время нефте- и продуктопроводы классифицируют как магистральные, подводные и промысловые. В газовой промышленности различают магистральные и местные газопроводы.

6.2 Техническая база трубопроводного транспорта

Техническая база включает:

- собственно трубопровод, представляющий собой линейную



магистраль из сваренных и соответствующим образом изолированных труб с устройствами электрозащиты (рисунок 6.1). Разновидностью линейной части являются наземные и подземные переходы через реки, озера, проливы, болота, автомагистрали, железнодорожные пути и т. д. Для строительства трубопроводов промышленность освоила выпуск труб диаметром 520, 720, 820, 1020, 1220 и 1420 мм;

Рисунок 6.1 – Строительство линейной магистрали наземного трубопровода

• перекачные и компрессорные станции (рисунок 6.2) для транспортирования жидких и газообразных продуктов по трубопроводу в качестве головных (начальных) и промежуточных станций;

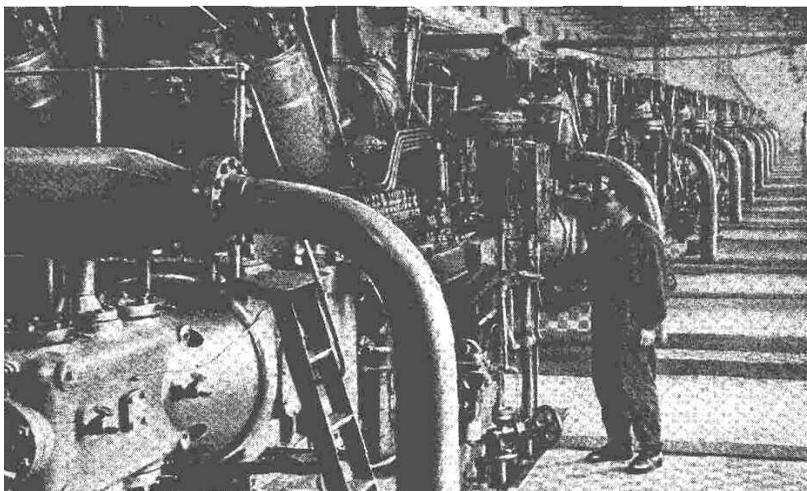


Рисунок 6.2 – В зала поршневых газомоторных компрессоров Щекинской компрессорной станции газопровода Ставрополь – Москва установлено 10 газомоторных газоперекачивающих агрегатов типа 10ГК. Мощность каждого агрегата 736 кВт. Общая производительность станции – 70 млн куб. м перекачиваемого газа в сутки

- линейные узлы, представляющие собой устройства для соединения или разъединения параллельных или пересекающихся магистралей и перекрытия отдельных участков линий при ремонте;
- 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.

6.3 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

$$H = k \frac{Lv^2}{2gd}, \quad (6.1)$$

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.

6.4 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 гидропульпу, 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 ре-

жиме, 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. Сопротивление 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 комплектно-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.

7 ГОРОДСКОЙ ТРАНСПОРТ

7.1 История развития городского пассажирского транспорта (ГПТ)

В истории развития ГПТ различаются периоды: конной, паровой и электрической тяги, автомобилизации и возрождения массового пассажирского транспорта в условиях научно-технической революции с внедрением электронной техники и автоматизации.

Период конной тяги, начавшийся в последней четверти XVIII в., продолжался примерно до середины XIX в. Лошадь использовалась человеком еще в глубокой древности для верховой езды, конных боевых колесниц и других целей. Примерно во второй половине XVII в. было организовано регулярное движение конных повозок как средств междугородного транспорта. По мере роста городов возникла необходимость и во внутригородском пассажирском транспорте, который и появился примерно в последней четверти XVIII в. Пассажиропотоки в городах того времени были еще малы. Для перевозки пассажиров использовались кареты, затем появились 10–20-местные дилижансы, omnibusы, линейки. Дилижансы и omnibusы представляли собой конструктивно усиленные повозки больших размеров. В частности, omnibusы были двухэтажными, имели открытый второй этаж – "империял", проезд в котором стоил немного дешевле, чем внутри кузова.

Линейка, или "волчок", приведена на рисунке 7.1. Она представляла собой как бы двоярусную скамью, на которой размещались в два ряда 10–14 пассажиров.

В середине XIX в. (1853 г. – в Нью-Йорке, 1864 г. – в Петербурге, 1872 г. – в Москве и т. д.) появились первые конные железные дороги – конки. Появление конок – следствие



первого в истории транспортного кризиса, явившегося результатом быстрого роста городов в связи с развитием капитализма.

Если в начале XIX в. во всем мире не было городов с населением в 1 млн человек, то уже в середине XIX в. насчитывалось более 2 млн в Лондоне,

Рисунок 7.1 – Линейка более 1,5 млн – в Париже, около 0,5 млн

населения – в Нью-Йорке, Петербурге, Вене, Берлине и других городах. Пассажиропотоки в этих городах были уже внушительными и обычный конный ГПТ с ними не справлялся.

Быстрое развитие конных железных дорог связано с преимуществами рельсового транспорта перед безрельсовым – более плавным ходом и примерно в три раза меньшим сопротивлением движению. Благодаря этому рельсовые колесные экипажи можно было делать примерно вдвое большей вместимости по сравнению с безрельсовыми.

Конки вмещали около 40 пассажиров, обеспечивали скорость сообщения 8–10 км/ч, сравнительно высокую по тем временам комфортабельность проезда и регулярность движения. Длина вагонов конок составляла 4–8 м, ширина – 1,8–2 м. Крытые вагоны имели "имперал" – плоскую крышу, приспособленную для перевозки пассажиров. Общий вид конки с "импералом" показан на рисунке 7.2.

Однако появление конки позволило незначительно разрешить транспортную проблему крупных городов. Пассажиропоток, использующий конные экипажи, требовал больших площадей улиц, так как удельная площадь проезжей части, приходящаяся на одного пассажира конного экипажа, вследствие его небольшой пассажироместимости была сравнительно велика – примерно в 10 раз превышала удельную площадь улицы, приходящуюся на одного пассажира современного трамвайного вагона. В результате узкие улицы крупнейших городов второй половины XX в. оказались перегруженными конным транспортом.

В связи с этим были предприняты попытки применения на городском транспорте паровой тяги, к тому времени уже известной на железнодорожном транспорте. В целях разгрузки перегруженных уличных транспортных магистралей первые городские железные дороги с паровой тягой, появившиеся в середине XIX в.



Рисунок 7.2 – Конка

в Англии, были проложены в Лондоне

вне уличной сети в подземном уровне – в тоннелях. Они получили права обычных железных дорог и название Metropolitan Rail-Way, т. е. столичной железной дороги.

Название "метрополитен" стало потом нарицательным для всех внеуличных городских железных дорог сначала с паровой, а затем и с электрической тягой. Вслед за Лондоном (1863) в последней четверти XIX в. появились метрополитены в Берлине (1872), в Нью-Йорке (1878) и других столичных городах. Линии метрополитена Берлина были проложены на насыпи, в Нью-Йорке – на эстакадах.

Почти одновременно с метрополитенами появились и первые уличные железные дороги с паровой тягой. Они были созданы в Лондоне изобретателем и предпринимателем О. Грам и получили название Tram-Way (дороги Трэма). Название "трамвай" стало потом нарицательным для всех уличных городских железных дорог – сначала с паровой, а затем и с электрической тягой. В Москве паровая узкоколейная железная дорога от Бутырской заставы до Тимирязевской академии (Петровско-Разумовское) была заменена электрическим трамваем только после Октябрьской революции.

Общий вид одного из первых паровых трамваев – "паровичков" – показан на рисунке 7.3, который затем конструктивно совершенствовался. На рисунке 7.4 показан паровой трамвай на улицах Петербурга. Он уже конструктивно близок к первым трамваям с электрической тягой.

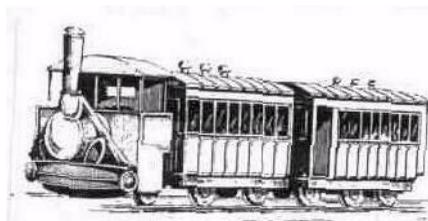


Рисунок 7.3 – Первый паровой трамвай только тем, что во второй половине XIX в. не знали еще других видов тяги, способных решить транспортную проблему больших городов.

Паровички сильно загрязняли воздух, были пожароопасны и имели низкие динамические показатели (ускорение при пуске и скорость движения). Особенно неблагоприятные условия создавались при использовании их на линиях подземных метрополитенов вследствие

Паровая тяга по сравнению с конной отличалась более высокой экономичностью и провозной способностью. Паровичок мог тянуть за собой несколько вагонов. Однако появление паровых городских железных дорог объясняется

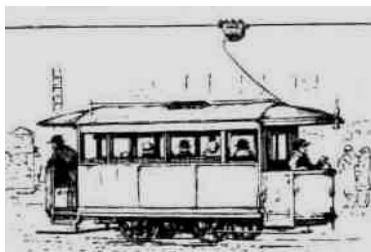


Рисунок 7.4 – Паровой трамвай на улицах Петербурга

трудностей вентиляции тоннелей. Поэтому после изобретения вращающихся электрических машин и методов передачи электрической энергии на расстояние были предприняты попытки использования их для целей тяги.

Период электрической тяги начался в конце XIX в. и получил наибольшее развитие в первой четверти XX в. На электрическую тягу начали переводить трамваи и метрополитены, появились первые троллейбусы и электропоезда. Один из первых трамвайных вагонов с питанием от контактного провода показан на рисунке 7.5.

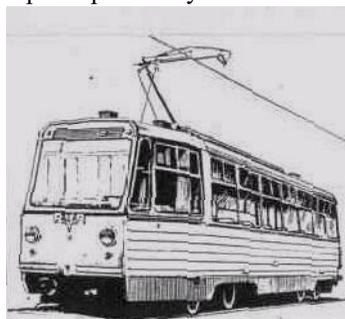
Внешне он мало отличался от конки и имел всего 12 сидячих мест, приводился в движение одним тяговым электродвигателем (ТЭД) мощностью 4,5 л. с. (3,3 кВт) с ременной передачей вращающего момента на движущие колеса (колесную пару) и управлялся силовым контроллером, установленным на площадке.



Токоcъём с контактного провода производился специальной токоcъёмной кареткой, соединённой с вагоном гибким тросом. Позднее появились более совершенные токоприёмники – сначала дуговой, а затем и пантографный. Тяговые электродвигатели были установлены на всех осях моторных вагонов, а ременная передача заменена более надёжной зубчатой. Электроснабжение первых трамваев осуществлялось централизованно от собственных электрических станций. Затем они были переведены на питание от городских энергосистем через тяговые преобразовательные подстанции. Первый в России электрический трамвай был пущен в 1892 г. в Киеве, затем в 1894 г. – в Казани, 1896 г. – в Нижнем Новгороде, 1897 г. – в Екатеринославле и Курске, 1898 г. – в Орле и Севастополе, 1899 г. – в Москве и других городах. Всего в период до 1917 года в России было 35 трамвайных предприятий. Электрическая тяга намного экономичней и гигиеничней паровой и позволяет создавать мощный подвижной состав большой вместимости с высокими динамическими показателями.

Рисунок 7.5 – Первый трамвайный вагон с питанием от контактного провода

На рисунке 7.6 показан внешний вид трамвайного вагона РВЗ-7 с тиристорно-импульсной системой управления. Его технические данные:



длина кузова по наружной обшивке – 15,09 м, ширина – 2,62 м, высота от головок рельсов до верхней точки обшивки крыши – 3,02 м, высота пола пассажирского салона от головок рельсов – 830 мм, нормальная вместимость – 126 пассажиров, макси-

мальная – 219 пассажиров, суммарная часо-вая мощность ТЭД – $55 \cdot 4 = 220$ кВт, конструктивная скорость – 75 км/ч, масса без пассажиров – 18,87 т.

В Белоруссии использование городского

электрического транспорта началось в 1898 году с открытия первой трамвайной линии

в г. Витебске. В 1929 году трамвайное движение стало налаживаться и в Минске.

Появление электрической тяги коренным образом расширило и перспективы развития метрополитенов. Перевод их с паровой тяги на электрическую значительно улучшил санитарное состояние станций и тоннелей, позволил повысить скорость движения поездов и увеличить глубину заложения тоннелей, так как электрическая тяга исключает необходимость усиленной вентиляции. В свою очередь, глубокое заложение тоннелей обеспечило возможность наиболее удобной трассировки линий метрополитенов

независимо от уличной сети. Первый метрополитен в странах СНГ был открыт в Москве в 1935 году. По своим техническим и эстетическим показателям он по праву считается лучшим в мире. В настоящее время в странах СНГ уже действуют метрополитены в 12 городах: Москве, Ленинграде, Киеве, Минске, Харькове и других.

На рисунке 7.7 показан общий вид вагона метрополитена типа Е. Его технические данные: длина кузова по осям автосцепок – 18, 77 м, ширина кузова – 2,7 м, высота вагона – 3, 695 м, мест для сидения – 44, максимальная вместимость – 270 пассажиров, суммарная мощность ТЭД (4 ТЭД по одному на каждую ось) – $4 \cdot 64 = 256$ кВт, конструктивная скорость – 90 км/ч, собственная масса без пассажиров – 30, 6 т.

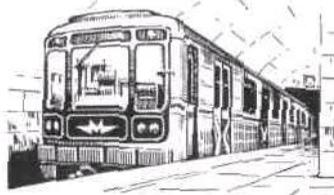


Рисунок 7.7 – Вагон метрополитена типа Е

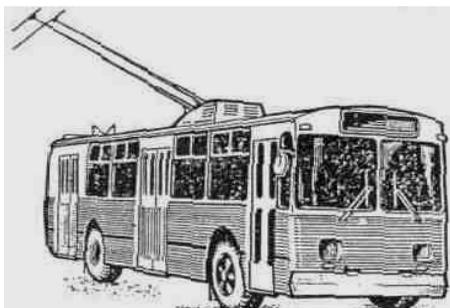
прообраз троллейбуса. Долгое время троллейбус не имел широкого распространения, что было связано главным образом с недостатками токосъема через токосъемные каретки и сменивший его позднее роликовый штанговый токоприемник. Развитие троллейбусов началось в Англии и Чехословакии после изобретения троллейбусных токосъемных штанг с роликовым, а позднее со скользящим контактом, обеспечивших более высокую надежность токосъема при достаточно высоких скоростях движения.

В 1882 г. в Германии на пригородной линии Берлин – Шпандау появился первый опытный образец безрельсового экипажа с электрическим двигателем, получающим питание от контактных проводов, –

Как и другие виды электрического транспорта, он не загрязняет атмосферы городов, имеет высокие динамические показатели, отличается простотой тягового электрооборудования, а централизованное электроснабжение позволило создавать троллейбусы большой вместимости. Кроме того, троллейбус отличается значительно меньшими капиталовложениями и большей маневренностью по сравнению с трамваем и метрополитеном, меньше загромождает улицы, больше отвечает архитектурно-градостроительным требованиям. Все эти преимущества дали возможность использовать троллейбусы как одно из основных средств ГПТ, особенно в городских центрах, где к ГПТ предъявляются особенно высокие архитектурно-градостроительные требования.

В царской России троллейбусов не было. Первый троллейбус появился на улицах Москвы в 1933 году. В настоящее время в СНГ троллейбусный транспорт имеют около 160 городов.

Наиболее массовым троллейбусом, эксплуатировавшимся на территории бывшего СССР, был троллейбус ЗИУ-9 (рисунок 7.8). Его технические данные: габаритная длина – 11,82 м, габаритная ширина кузова – 2,5 м, высота с опущенными токоприемниками – 3,347 м, мест для сидения – 31, максимальная вместимость – 126 пассажиров, максимальная скорость движения – 55 км/ч, мощность ТЭД – 110 кВт.



Первая очередь троллейбусной линии в Белоруссии была проложена в 1952 году от пассажирского вокзала до площади Победы г. Минска. Позже троллейбусное движение было открыто в Гомеле, Могилеве, Витебске, Бресте, Гродно и Вобруйске. Широкое использование троллейбусного транспорта в городах Белоруссии потребовало и создания соответствующей ремонтной базы. В связи с этим в 1973 году был введен в эксплуатацию ремонтный трамвайно-троллейбусный завод, впоследствии переименованный в Минский ремонтно-механический завод "Белремкоммунмаш".

Для обеспечения Республики Беларусь троллейбусным транспортом на заводе получили развитие научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы, нацеленные на создание новых конструкций троллейбусов. В 1994 году здесь изготовили первые опытные образцы двухосных троллейбусов модели 101, а в 1996 году – модели 201 (рисунок 7.9).



Рисунок 7.9 – Троллейбус модели 201

Преимущества электрической тяги перед всеми другими видами тяги остаются и в настоящее время, что обеспечивает ей большие перспективы дальнейшего развития.

Период развития автомобильного транспорта с двигателями внутреннего сгорания (ДВС) или, как его называют, период автомобилизации, начался в 20-х годах XX столетия, но ее темпы, за

исключением США, были в то время еще невысокими.

Массовое развитие автомобилизации началось в 50-х годах и продолжается в настоящее время.

Автомобиль как средство индивидуального транспорта имеет по сравнению с другими видами ГПТ ряд преимуществ: он обеспечивает возможность беспересадочной поездки с минимальными затратами времени, отличается высоким уровнем транспортного комфорта. Современные автомобили имеют высокие динамические показатели – ускорения при пуске, замедления при торможении, максимальную скорость движения до 200 км/ч. Благодаря этим преимуществам автомобиль завоевал и продолжает завоевывать современные города. Ожидаемый уровень автомобилизации США составит в перспективе более 700 автомобилей на 1000 жителей.

Пропускная способность городских магистралей большинства столичных и других крупных городов Запада вследствие автомобильного бума уже исчерпана, что привело к резкому ухудшению общего транспортного обслуживания населения. Сначала автомобиль появился на городских улицах, которые затем превратились в автострады. Но потокам автомобилей стало тесно и здесь, тогда появились суперавтострады. Автострады строят в несколько ярусов, их площадь, например, в Лос-Анжелесе составляет 2/3 общей площади городской застройки. Скорость автомобильного потока в часы пик нередко падает до 4 – 5 км/ч (скорость пешехода).

В Бостоне, например, организовали соревнование: 25 велосипедистов и 25 автомобилей стартовали на 10 миль (16 км) по обычному весьма забитому транспортом городскому маршруту. Со счетом 23:2 победили велосипедисты! Велосипед при всей своей простоте и дешевизне в условиях современного крупного города не только становится конкурентоспособным с легковым автомобилем по обеспечиваемой скорости сообщения, но и

избавляет людей, ведущих малоподвижный образ жизни, от *гипокинеза* – болезни, связанной с недостатком подвижности. Отсюда его широкое распространение и противопоставление автомобилю. В Японии и США велосипедом пользуется каждый третий житель, в Голландии – каждый второй.

В связи с нарастающей автомобилизацией за рубежом растет число дорожно-транспортных происшествий (ДТП). Автомобиль стал одним из самых опасных средств транспорта, а автомобильные катастрофы превратились в подлинное бедствие человечества. Ежегодно в ДТП гибнут сотни тысяч людей, десятки миллионов становятся инвалидами, государства терпят материальный ущерб, исчисляемый миллиардами долларов. На автодорогах США, например, ежегодно в ДТП погибает более 50 тыс. человек, более 1,5 млн человек получают увечья различной степени тяжести, а материальные убытки, связанные с ДТП, превышают 10 млрд долл. Темпы ежегодного роста количества ДТП в несколько раз превышают темпы прироста населения.

В результате скопления огромных масс автомобилей крупные города задыхаются от токсических выделений автотранспорта. В безветренную погоду с туманом над ними нависают облака смога, создающие реальную угрозу жизни городского населения. Облако смога над Нью-Йорком видно с самолета на расстоянии 240 км. В декабре 1952 года от смога в Лондоне за несколько дней погибло более 4 тыс. человек, в 1963 г. в Нью-Йорке – около 400 человек. Подобные же явления отмечались и в других крупных городах – Сан-Франциско, Лос-Анжелесе, Токио.

Создаются специальные вертолетные службы оповещения населения о приближении смога. Полицейские регулируют уличное движение в кислородных масках. В Токио на центральных магистралях наподобие заправочных станций установлены автоматы с кислородными баллонами. Во время смога пешеходы, переходя от автомата к автомату, просовывают в них 25-йеновые монетки и торопливо дышат кислородом. Реальная картина становится созвучной с фантазией, описанной фантастом Беляевым в рассказе "Продавец воздуха".

В результате нерегулируемой автомобилизации ГМПТ промышленно развитых стран вступил в период хронического кризиса: начиная с 40-х годов он непрерывно теряет пассажиров и постепенно свертывается. В настоящее время легковыми автомобилями выполняется около 90 % городских пассажироперевозок в США и около 70 % в Англии и Франции. В небольших городах США ГМПТ практически отсутствует, там 100 % пассажироперевозок выполняется легковыми автомобилями.

7.2 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 7.10 .

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 7.10 - 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 устройствами (рисунок 7.11).

Индивидуальный пассажирский транспорт характеризуется вместимостью порядка 1–8 человек, общественный (массовый) пассажирский транспорт – вместимостью от 18–20 до 200–230 человек и более.



Рисунок 7.11 – Оборудование городского автобуса устройством для посадки и высадки инвалидов

По системе организации движения ГПТ подразделяют на маршрутный и немаршрутный. Движение транспортных средств *маршрутного ГПТ* организуют по определенным направлениям – маршрутам, оборудованным посадочными площадками, павильонами и маршрутными указателями для пассажиров. Движение транспортных средств *немаршрутного 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 ($\approx 1/3$ 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 автомобили. На долю МПТ приходится менее 5 % общего объема движения. В Москве, например, по данным обследований 1970 г., удельный вес легковых автомобилей в общем потоке движения составил 59 %, мотоциклов и мотороллеров – 3 %, грузовых автомобилей – 35 %, автобусов и троллейбусов – 3 %. Однако несмотря на такой небольшой удельный вес в общей величине городского движения, ГМПТ осваивает огромные пассажироперевозки.

Специальный городской транспорт (СГТ). Включает в себя транспортные средства городского благоустройства (ТГБ – поливальщики улиц, мусоро- и снегоборочные 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 ГТТ 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.

7.3 Техническая база ГПТ

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 (рисунок 7.12.), 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



Рисунок 7.12 – Оборудование городского остановочного пункта

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 называют 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 пассажиромест. 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).

В настоящее время наблюдается значительный рост автобусных пассажироперевозок особенно для городов с населением менее 250 тыс. жителей.

Во многих городах Республики Беларусь эксплуатируются шарнирно-

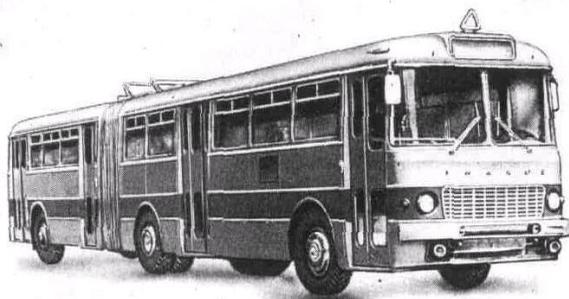


Рисунок 7.13 – Автобус "Икарус-180"

сочлененные автобусы, например "Икарус" (рисунок 7.13) венгерского производства, но их недостаточно. Поэтому для обеспечения потребности в автобусах Минский автомобильный завод освоил производство собственных городских автобусов МАЗ-101 (рисунок 7.14). Автобус

внешне очень эффектен. Как перед пассажирами, так и перед водителем открывается великолепный обзор – благодаря большой площади остекления кузова. Моторный отсек кузова автобуса позволяет разместить двигатели различных моторостроительных фирм. На данный момент автобус оснащается двигателями ММЗ, ЯМЗ, Рено и МАН.

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 – шестiosные 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 мелкого 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 опре-

деляется 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 сравнению 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 1,0–2,5 м/с², максимальная скорость движения 70–90 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). Впервые в мире система автомашиниста была осуществлена и испытана в 1957–1958 гг. в бывшем СССР. В настоящее время различные варианты автомашиниста внедрены и внедряются на Московском, Ленинградском, Парижском, Стокгольмском и других метрополитенах.

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 мин (40 поездов/ч в одном направлении движения), вместимости вагона 170 пассажиров и 8-вагонном поезде теоретическая провозная способность линии метрополитена $40 \cdot 170 \cdot 8 = 54400$ пас./ч. Минимальный интервал движения на линиях метрополитенов в часы пик составляет около 90 с, а частота – 28 – 40 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 7.1.

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 сосредоточивают 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.

Т а б л и ц а 7.1– 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
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
Троллейбу	Небольшие первоначальные затраты (но большие, чем у автобуса) Отсутствие вредного воздействия	Необходимость сооружения устройств для электроснабжения Излишнее загромождение

сы	на окружающую среду	пространства улиц Ограниченная маневренность в движении
Трамвай	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 поездок В часы пик затруднены вызов или посадка в пунктах стоянки автомобилей-такси Малая вместимость Большая трудоемкость перевозок

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 ГЭТ 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.

7.4 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 поездок, 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.

7.4 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 решать задачи пассажирского обслуживания автомобилизацией, а крупные города должны сочетать ее с развитием ГМПТ.

Современные трудности сочетания развития ГМПТ с автомобилизацией на Западе, например, определяются рядом обстоятельств:

- 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.

Генеральным направлением развития городского транспорта является преимущественное наращивание средств общественного транспорта.

В крупных городах, перегруженных наземными потоками, все большее предпочтение отдают сооружению подземных и эстакадных метро.

Снова большие надежды возлагаются на трамвай, разрабатываются проекты скоростного трамвая. Большое внимание уделяется совершенствованию систем управления уличным движением.

Сложной является проблема загрязнения воздушного бассейна городов выхлопными газами автомобилей, особенно бензиновых двигателей. Большое значение имеет замена карбюраторных двигателей дизельными. Дизели выбрасывают в 50 – 100 раз меньше окиси углерода и в 2 раза меньше углеводорода, чем карбюраторные двигатели. Важным направлением является переход на электрические автомобили, которые к тому же являются менее шумными, но у них пока мала энергоемкость аккумуляторных батарей.

Заслуживают внимания некоторые новые проекты городского транспорта, которые разработаны или осуществлены в ряде зарубежных стран. Созданы системы электрического городского безрельсового транспорта в виде поездов на пневматическом ходу (типа метрополитена). Поезда следуют по специальному пути в желобе или с направляющими и управляются центральной ЭВМ.

Полагают, что за пределами XX века большая часть населения мира будет жить в городах, крупнейшие из которых превратятся в мегаполисы – гигантские урбанистические агломерации, образующиеся в результате срастания близкорасположенных городов в город с размерами 150 – 300 км и населением 60 – 70 млн человек. Такие мегаполисы уже находятся в стадии стихийного образования в США, Японии, Германии, Англии. Это потребует кардинального пересмотра современной транспортной политики.

8

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.

Канатно-подвесные дороги (рисунок 8.1) 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 внутривозовские 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.

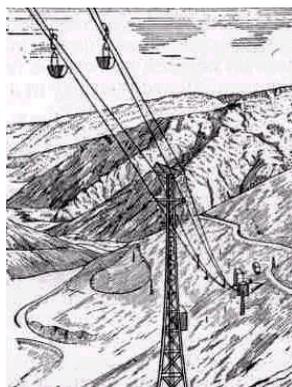


Рисунок 8.1 – Общий вид двух-канатной подвесной дороги

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 подъемника. 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. Петлевою 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, исключая 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.

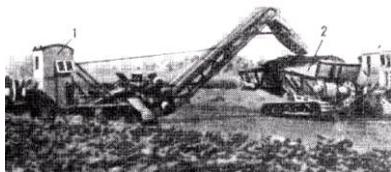
На лесосеке ведут повал деревьев, их трелевку (подтаскивание) к так называемому верхнему складу, на котором происходит обработка и подготовка древесины к перевозке и погрузка ее в вагоны узкоколейной дороги. Лесовозная железная дорога соединяет верхний склад с нижним, расположенным у магистральной железной дороги или у водного пути.

Лесовозные дороги бывают длительного пользования (магистрала) 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 магистрали. По усевым путям древесину вывозят с погрузочных пунктов лесозаготовительных участков. Срок их службы – до одного года.

Объем перевозок и грузонапряженность на торфовозных дорогах значительно выше, чем на лесовозных, поскольку масса торфа, добываемого на площади 1 км², в 20–25 раз больше, чем масса древесины, заготовленной на такой же площади.

Торф загружают в вагоны из штабелей или караванов, расположенных по всем полям торфопредприятия. Ввиду того, что расположение погрузочных мест со временем изменяется, ведут перекладку путей.

Основными погрузочными машинами являются грейферные краны на гусеничном ходу или экскаваторы с грейферным оборудованием.



Торф перевозят в саморазгружающихся вагонах. Для перегрузки торфа

комплекта
машины: / –
разгружающийся

из саморазгружающихся вагонов в вагоны магистральных дорог служат стационарные торфоперегрузатели.

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 отношениях. 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 – вакуумнасос и вентилятор (при разгрузке).

При использовании канатно-подвешного 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 пассажиропотоках, 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.

9.1 Критерии прогрессивности видов транспорта

динственный 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, преодолев 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 быстроходный 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.

9.2 Характеристика новых видов транспорта

9.2.1 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 га-зом, который легче воздуха: водородом или гелием. При нормальных

условиях 1 м^3 воздуха весит 12,67 Н, а 1 м^3 водорода – 1,08 Н. Без учета веса оболочки подъемная сила 1 м^3 водорода составит 12,67–1,08 \approx 11,59 Н. В этих же условиях 1 м^3 гелия создаст подъемную силу 9,8 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 су-
достроителем Роджером Манком (рисунок 9.1). 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

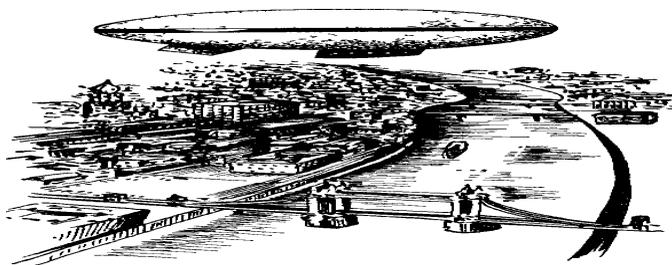


Рисунок 9.1 –
Пассажирский
дирижабль
"Скайшип-500"

главное отличие современного дирижабля от дирижаблей прошлого, наполненных водородом, объясняется 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.

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. Поэтому представляет определенный интерес проект "привязного" дирижабля.

Журнал "Изобретатель и рационализатор" (1981, № 3) сообщил о транспортной системе В. Н. Андрейченко, представляющей дирижабли на короткой тяге, скользящие по натянутым канатам воздушной дороги, которые не дают им взмыть в небо (рисунок 9.2). В этой конструкции был использован принцип аэростатической подъемной силой дирижабля. Указанный принцип обеспечивает устойчивую работу транспортного средства, кроме того, "привязные" дирижабли, пролетая над городом, меньше загрязняют воздушный бассейн, поскольку выхлоп из двигателей не сливается с выхлопами автомобилей, а сразу рассеивается в атмосфере, таким дирижаблям не грозят столкновения, им не мешают перекрестки улиц и дорог. Все это позволяет "привязному" дирижаблю развивать скорость поездов и даже самолетов.

По расчетам изобретателя, километр воздушной транспортной системы будет стоить не дороже километра высоковольтной линии электропередачи, примерно в 8 раз дешевле километра линии скоростного трамвая и в 10 раз дешевле километра автомобильной дороги. Конечно, сам трамвай стоит намного дешевле дирижабля, однако по вместимости дирижабль ближе к электричке, чем к трамваю.

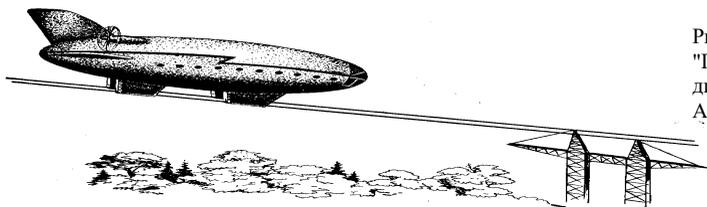


Рисунок 9.2 –
"Привязной"
дирижабль
Андрейченко

Андрейченко считает, что его воздушная транспортная система может связать отдаленные от железных дорог и друг от друга города и промышленные объекты. Проложить такую систему через болота, тайгу или пустыню проще и дешевле, чем автомобильную или железную дорогу. В результате обеспечивается высокая проходимость транспортного средства.

Следует обратить внимание еще на одну возможность этого проекта. К двигателям "привязного" дирижабля нетрудно подводить электроэнергию. Это избавит дирижабль от необходимости иметь на борту запас топлива, а атмосферу – от выхлопных газов.

Существенную помощь в решении проблемы охраны природы при вводе в эксплуатацию новых месторождений нефти и газа окажет также применение дирижаблей, благодаря которым можно будет отказаться от временных построек для жилья, складских помещений и т. п., возводимых из местных материалов. Дирижабли смогут по воздуху доставлять стандартное жилье и технологические модуль-блоки, которые монтируются на месте.

9.2.2 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 (рисунок 9.3.). В этом случае колеса выполняют роль катков, бегущих по рельсам.

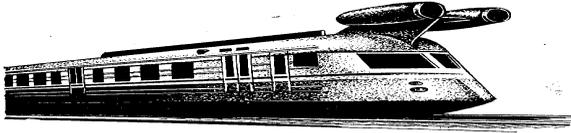


Рисунок 9.3 – Поезд с реактивным двигателем

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 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 разездах 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 несетя 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.

9.2.3 Монорельсовая дорога

Монорельсовая дорога в семействе железных дорог – особая: вагоны такой дороги движутся по одному рельсу (рисунок 9.4). "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.

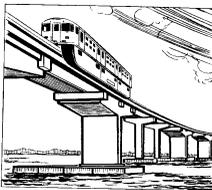


Рисунок 9.4 – Монорельсовая дорога

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.

Современная монорельсовая дорога – это железобетонная или металлическая балка (рельс), поднятая на эстакаду, и подвижной состав (вагоны) на тележках с пневматическими шинами. Различают *навесные дороги* (рисунок 9.5), где вагоны имеют нижнюю точку опоры и как бы сидят верхом на несущей балке, и *подвесные системы* (рисунок 9.6), где вагоны подвешиваются к тележкам, опирающимся на балку. Каждый из названных типов дорог имеет свои преимущества и недостатки. 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.

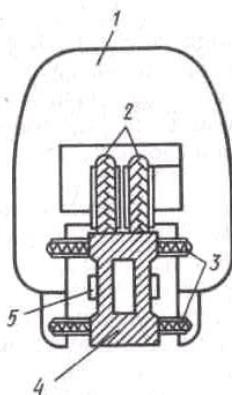
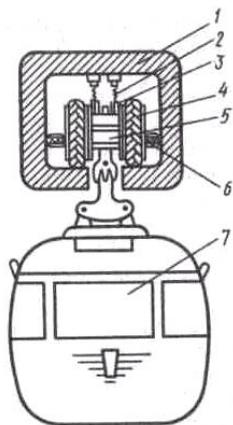


Рисунок 9.5 –
Навесная
монорельсовая
дорога.



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.

Рисунок 9.6 – Подвесная монорельсовая дорога типа "Софеж": 1 – балка; 2 – токоъемник; 3 – токопроводное устройство; 4 – ведущие колеса; 5 – двигатель; 6 – направляющие колеса; 7 – салон вагона

Интересно, что возглавил группу профессор Кенойя Одзава – 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.

9.2.4 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, двигающегося 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 (рисунок 9.7) 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).

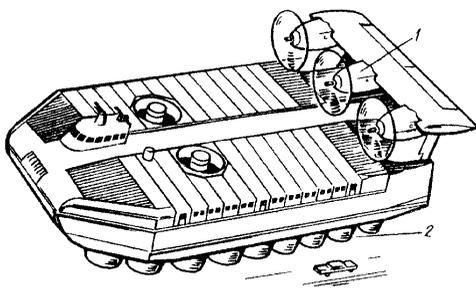


Рисунок 9.7 - Аппарат (судно) на воздушной подушке: 1 - двигатели, 2 - элементы, образующие воздушную подушку

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 (рисунок 9.8), которая улучшает динамику и комфорт при движении. Разработано несколько проектов таких аэропоездов в разных странах. 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.

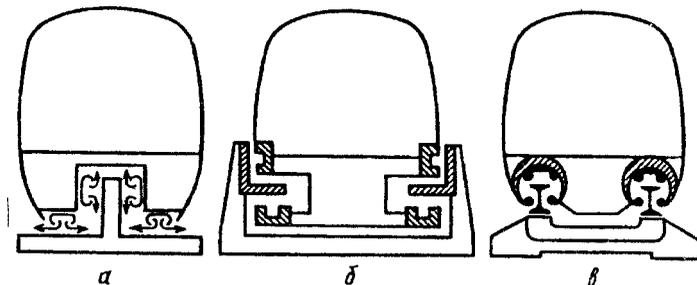


Рисунок 9.8 – Системы подвешивания экипажей: а – на воздушной подушке (смазке); б – на электромагнитном притяжении; в – на электродинамическом отталкивании

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.

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.

9.2.5 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.

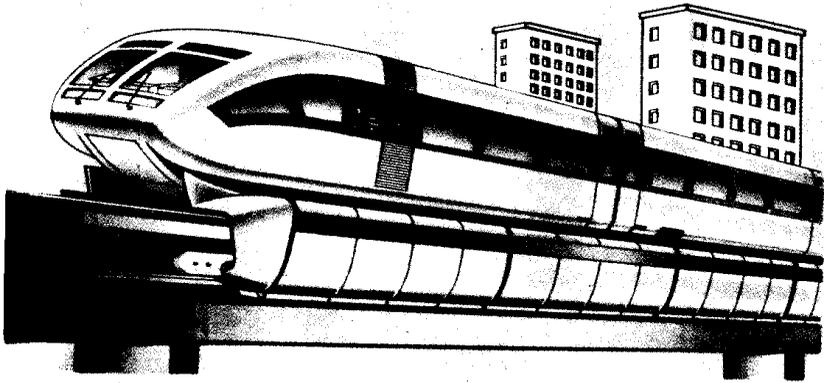
В области разработки магнитопоездов наибольшие результаты получены в Германии и Японии. В 1988 году модель, представляющая вагон на 196 мест длиной 54 м и массой 120 т, развила скорость 412 км/ч (Германия).

Первой осуществленной городской линией длиной 600 м с магнитной подвеской считается двухпутная линия, связывающая железнодорожный вокзал с аэропортом 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 (рисунок 9.10) 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.



Для

Рисунок 9.10 – Поезд с магнитным подвешиванием для высокоскоростных магистралей

Реализация этого взаимодействия на практике осуществляется в электрических двигателях постоянного и переменного тока. Принцип действия электрической машины постоянного тока основан на явлении электромагнитной индукции, открытом М. Фарадеем в 1841 г. Если замкнутый проводник вращать в постоянном магнитном поле, то в нем возникает переменная электродвижущая сила (ЭДС).

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 бесколесных 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 ($0 \text{ K} = -273 \text{ }^\circ\text{C}$).

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 $1,2 \times 0,6 \text{ м}$, погруженных в жидкий гелий, пропускали ток силой 10^6 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 $22,3 \text{ К}$. 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. Взаимодействуя 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, остановки 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, использовав 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.

9.2.6 Транспорт для освоения Севера

Особые трудности связаны с дорожным строительством в условиях вечной мерзлоты. Мало того, что прокладка дорог в этих районах сопряжена с большими материальными затратами, требует от людей полного напряжения сил; особенности мерзлотных условий приводят к тому, что уже проложенные дороги быстро выходят из строя. Поэтому для освоения северных районов необходим транспорт, который не нуждается в традиционных дорогах. Мы имеем в виду как магистральный транспорт, осуществляющий непрерывную связь промышленных центров с новыми, обживаемыми районами, так и транспортные средства для штурма необжитых земель, перевозящие тяжелые грузы по бездорожью. К последним можно отнести так называемые **наземные транспортные средства на воздушной подушке (НТСВП)**.

В настоящее время разрабатываются различные НТСВП, которые могут быть использованы и уже находят применение для разных целей в осваиваемых труднодоступных районах.

В самоходных НТСВП с регулируемой нагрузкой на опорно-тяговый механический движитель воздушная подушка используется наряду с колесами или гусеничным ходом, причем опорная и тяговая функции движителя разделены. Большая часть нагрузки воспринимается воздушной подушкой, ограниченной по периметру днища гибким ограждением, которая позволяет существенно снизить опорное давление на грунт до величины порядка $(0,2-7) \cdot 10^{-3}$ МН/м², что примерно в 100 раз меньше, чем давление колесных машин, и в 10 раз меньше, чем давление гусеничных машин. Оставшаяся незначительная нагрузка используется для создания тягового усилия при контакте колес или гусениц с грунтом, но при этом не происходит деформации мягкого грунта или среза поверхностного слоя почвы. Изменяя давление в воздушной подушке, можно регулировать силу сцепления механического движителя с грунтом в зависимости от состояния грунта для создания наибольшей тяги в соответствии с конкретными условиями движения.

Во время испытаний экспериментальная модель НТСВП на прибрежном песке плотностью 1,9 г/см³ и влажностью 29 % уверенно двигалась со скоростью 15–20 км/ч, а автомобиль повышенной проходимости УАЗ-450Д буксовал и останавливался.

В 1969 г. была изготовлена самоходная гусеничная машина на воздушной подушке, которая с грузом до 9 т двигалась по непроходимому

болоту со скоростью до 50 км/ч. Обладая избыточной тягой, она могла буксировать самоходные грузовые платформы на воздушной подушке. В 1972 г. эта сцепка демонстрировалась участникам 1 Всесоюзной конференции по аппаратам на воздушной подушке, которая проходила в Тюмени.

Назначение самоходных грузовых НТСВП с постоянным давлением в воздушной подушке состоит в поддержании на воздушной подушке груза, перевозимого над слабонесущей опорной поверхностью. Буксировка этих платформ осуществляется колесными или гусеничными тягачами, снегоболотоходами или транспортными средствами на воздушной подушке (рисунок 9.11), при этом один тягач может буксировать несколько платформ на воздушной подушке, так как их сопротивление движению очень мало.

Для управления платформами и придания им устойчивости часто используются контактирующие колеса.

Несамходные платформы на воздушной подушке предназначены для перевозки от одной до многих сотен тонн грузов. Одной канадской фирмой, например, было запланировано создание платформ на воздушной подушке грузоподъемностью до 3840 т, предназначенных для транспортировки в условиях бездорожья буровых вышек, отдельных узлов и механизмов буровых установок, труб, крупногабаритных и тяжелых грузов, различных строительных конструкций, пиломатериалов.

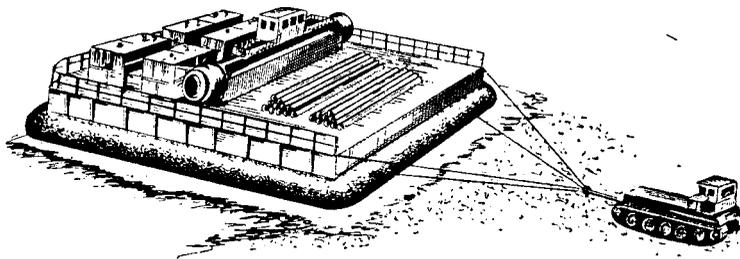


Рисунок 9.11 – Платформа на воздушной подушке

Для перевозки грузов без повреждения мохового покрова тундры другой канадской фирмой созданы платформы на воздушной подушке грузоподъемностью 1, 15 и 25 т. Давление на грунт этих платформ при полной грузоподъемности составляет $3,5 \cdot 10^{-3}$ МН/м². Герметичные отсеки обеспечивают платформам плавучесть и непотопляемость при движении над водной поверхностью.

Платформа грузоподъемностью 1 т имеет стальную раму. Центробежный вентилятор, создающий воздушную подушку, приводится в

действие автомобильным двигателем мощностью 81 кВт (110 л. с.). Воздушная подушка образуется по многокамерной двухконтурной схеме, которая позволяет поддерживать в ней более высокое давление и, следовательно, при меньших габаритах создавать большую подъемную силу. Кроме того, двухконтурная схема, при которой происходит перетекание воздуха из камер высокого давления (их восемь) в полость с пониженным давлением, снижает его общий расход и скорость выхода через зазор во внешнем ограждении, что уменьшает повреждение растительного покрова. Применение нескольких независимых воздушных подушек вместо одной общей создает лучшие условия работы при движении платформы по неровной поверхности, позволяет преодолевать препятствия высотой до 0,45 м. Платформу можно разобрать на части и перевозить на самолете.

В 1971 г. в Канаде была построена платформа на воздушной подушке грузоподъемностью 112 т. Платформа имеет раму коробчатого типа, по периметру которой крепится гибкое ограждение баллонно-сегментного типа, ограничивающее воздушную подушку под днищем платформы. Днище платформы способно подниматься над опорной поверхностью на 1,2 м. Платформа допускает преодоление откосов под углом до 40°. Воздушная подушка создается двумя центробежными вентиляторами с приводом от двух дизелей, имеющих мощность по 471 кВт (640 л. с.). Каждый вентилятор подает до 40 м³/с воздуха при давлении $7 \cdot 10^{-3}$ МН/м².

Платформа может быть использована для транспортировки не только грузов, но и рабочих. В этом случае на ней устанавливаются жилые домики на 35–40 человек, подсобные помещения и т. п. Скорость движения платформы до 10 км/ч. Температура воздуха в воздушной подушке ограничивается величиной, при которой тундровый покров остается замерзшим. Однако для трогания с места примерзшей к грунту платформы в воздушную подушку на короткое время подаются горячие отработанные газы. Перевозка грузов несамходными НТСВП обходится примерно в 8–10 раз дешевле, чем обычными прицепами-тяжеловозами.

Транспортно-технологические НТСВП с постоянным или сменным оборудованием для создания воздушной подушки используют постоянные или съемные устройства. В транспортерах воздушная подушка применяется для того, чтобы сосредоточенную осевую нагрузку равномерно распределить на большую опорную поверхность. Это существенно облегчает транспортировку тяжелых грузов. Расчеты, например, показали, что транспортер, не оборудованный воздушной подушкой, способен везти по мосту с пролетом 7,5 м 125 т груза и в случае оборудования воздушной подушкой сможет по тому же мосту перевезти груз, вдвое больший.

Съемное гибкое ограждение используется для эпизодических

перемещений крупногабаритных и тяжелых грузов на воздушной подушке. В 1969 г. в Тюменской области таким способом была перевезена на 12 км буровая вышка со станком и насосом общей массой 170 т. Гибкое ограждение было установлено по периметру основания буровой вышки. Воздушная подушка создавалась центробежными вентиляторами, которые приводились в действие дизельными двигателями буровой вышки. Давление воздуха в воздушной подушке было $3 \cdot 10^{-3}$ МН/м². Вышку буксировали два трактора, приспособленных для движения по болотам. По пути преодолевались рвы, траншеи, озера, трубопроводы, земляные валы высотой до 1 м. В результате отпала необходимость в демонтаже и последующем монтаже на новом месте буровой вышки. Применение воздушной подушки для транспортировки буровых вышек позволяет в несколько раз увеличить производительность труда на буровых работах.

Указанные НТСВП получают широкое применение при создании целевых производств в новых районах, которые будут главным образом ориентированы на добычу и транспортировку природных ресурсов. Их использование существенно снизит затраты на "нецелевые" объекты, в первую очередь на дороги. Сейчас к любому новому месторождению прежде всего начинают прокладывать дороги. Из подручных материалов строят временки – жилые дома для рабочих, складские помещения. Следом за рабочими приезжают их семьи, за ними – работники сферы обслуживания, за которыми также следуют их семьи. Месторождение обрастает временными постройками, сетью дорог.

В условиях тундры даже одноразовый след тягача сохраняется десятилетиями, со временем он может превратиться в овраг. Вдоль лесовозных дорог вымирает сибирская и дальневосточная тайга. Разрушение транспортом естественной структуры, закрепляющей барханы и солончаки, приводит к наступлению пустынь, засолению почв.

У транспортных средств на воздушной подушке давление в площади контакта воздушной подушки с грунтом составляет $(0,3 - 7) \cdot 10^{-3}$ МН/м². Такое низкое давление резко уменьшает воздействие транспортного средства на грунт, практически сводит на нет сопротивление движению. У НТСВП сопротивление движению возникает лишь за счет заедания гибкого ограждения за грунт и качения контактирующих разгруженных колес.

Таким образом, использование НТСВП может значительно снизить ущерб, который наносится природе при освоении новых, труднодоступных районов.

9.2.7 Идеи проектов новых транспортных средств

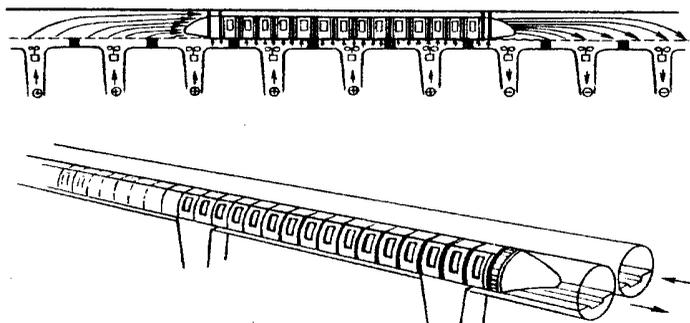
Прежде, чем говорить о транспорте будущего, рассмотрим, какими проектами наука располагает сегодня, какие идеи, заложенные в этих проектах, окажутся полезными завтра.

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.

Пассажи́рские 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 сидениями. Пассажи́рские конвейеры довольно дорогие как в устройстве, так и в эксплуатации.

Рядом фирм США разрабатывались проекты трубопроводного транспорта для перевозки пассажиров (рисунок 9.12). Это труба с движущимися в ней вагончиками. Скорость по проекту 192 км/ч. В другом проекте в качестве направляющего устройства использована труба-тоннель с перекачкой воздуха спереди поезда назад с целью уменьшения воздушного сопротивления вагону. Для тяги предложен линейный электродвигатель, а для скорости 480 км/ч – реактивный двигатель.



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 энерговооруженность 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.

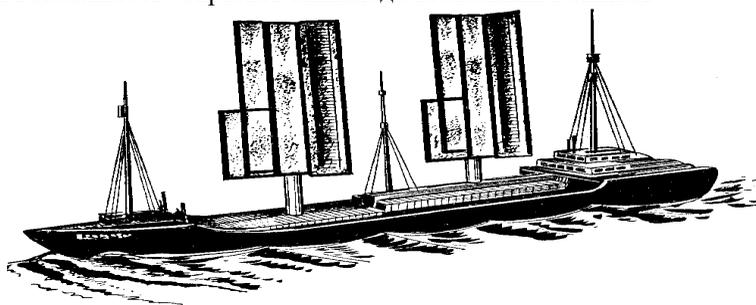
На самом деле величина силы сопротивления движению вращающихся в воде пропеллеров гораздо меньше, чем у неподвижных жестких крыльев. Вращающиеся лопасти, создавая подъемную силу, не только удерживают аппарат, но и сообщают ему поступательное движение. В 1971 г. гидролет Бакшинова получил положительную 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 (рисунок 9.13), 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 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 (рисунок 9.14): 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

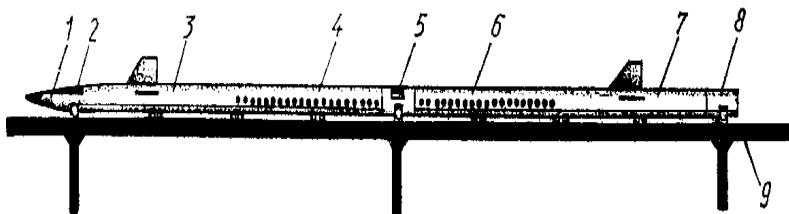


Рис. 16.

каждый.

Рисунок 9.14 – Проект высокоскоростного поезда с турбореактивными двигателями

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 Е-образные устройства, несущие ролики, или вписаться в поворот дороги – задача далеко 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 $22\,500 \text{ км/ч}$. 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 (рисунок 9.15), вмещающий до четырех тысяч пассажиров, стационарно находится в воздухе. Крыло состоит из нескольких модулей.

Каждый модуль – это самолет, способный совершать независимые полеты.

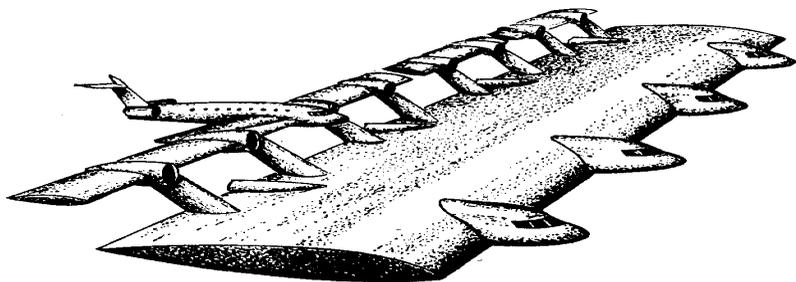


Рисунок 9.15 – Авиалайнер в виде летающего крыла

ты. 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 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 зависает 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, четвёртой 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.

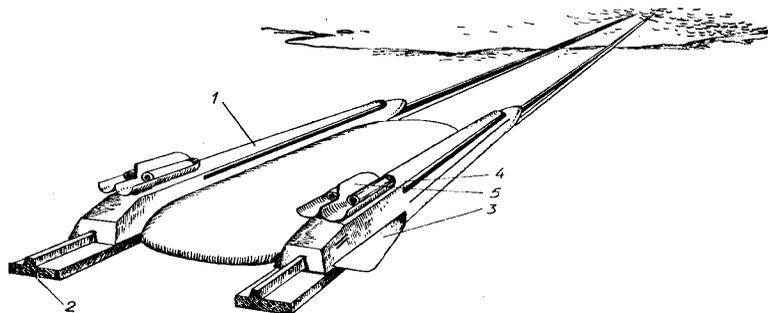
Еще в 20-е годы авиаторы познакомились с "эффектом влияния Земли" (эффектом экрана). Тяжелые самолеты либо упрямо шли над Землей, не желая садиться, либо неожиданно устремлялись вверх, обретая

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 (рисунок 9.16) 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).



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 позволят 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.

9.8 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 государства.

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" (рисунок 9.17), 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.

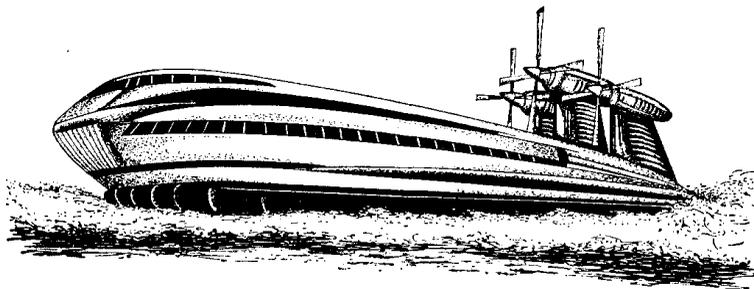


Рисунок 9.17 – Корабль на воздушной подушке "Навилан-500"

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.

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.

Конечно, эти новые виды транспорта не заменят полностью существующий железнодорожный и автомобильный транспорт, водоизмещающие суда, вертолеты или мотоциклы. Они их дополняют, 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.

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 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 реактивного 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 экономической 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 грузоподъемен, 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 экономической 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, аэродинамической 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**.

Космические летающие аппараты на протяжении жизни одного поколения превратились из фантастических в реальные, чему способствовали, прежде всего, научные труды К. Э. Циолковского. Запуск на околоземную орбиту 4.10.1957 года первого в мире советского искусственного спутника Земли и полет в космос 12.04.1961 года первого человека – Ю. А. Гагарина возвестили о рождении эры космонавтики. За истекшие годы на разные орбиты Земли выведены в Космос многие тысячи околоземных спутников и межпланетных аппаратов.

Особое значение имеет создание пилотируемых и автоматически управляемых кораблей, являющихся транспортными средствами для перемещения исследователей (людей) и соответствующих грузов на околоземные орбиты и обратно на научные станции типа "Союз" и "Мир".

Выдающимся достижением следует признать полет трех астронавтов США (июль 1969 г.) к Луне и высадку двух из них на её поверхность с последующим возвращением всех на Землю.

Все упомянутые корабли являются одноразовыми, состоящими из ракетносителя, сгорающего в атмосфере, и возвращаемого модуля для доставки людей и грузов на Землю.

На протяжении многих лет США создавали космический аппарат многоразового действия. Первый прототип такого аппарата "Шатл" напоминал собой широкофюзеляжный самолет весом 68 т. Это аэрокосмический самолет, который взлетает под тягой ракеты общей массой более 2000 т, а приземляется как самолет, но с очень большой посадочной скоростью (более 380 км/ч).

В СССР первый орбитальный корабль "Буран" был запущен на околоземную орбиту 15 ноября 1988 года с помощью ракеты-носителя "Энергия" мощностью 170 млн л. с. Самолет типа "Буран" может использоваться для вывода на околоземную орбиту спутников и доставки на орбитальные станции необходимых грузов и исследователей, а также для перевозки пассажиров с гиперзвуковыми скоростями. В будущем вместимость таких самолетов будет 300–500 пассажиров, а скорость полета – до 12 М (1 М равен скорости звука в воздухе – 334 м/с, или 1188 км/ч), хотя это лежит пока за пределами возможностей современных авиадвигателей. Возможно, что гиперзвуковые самолеты будут иметь разные двигатели для различных режимов полета или какие-то новые, сочетающие в себе все необходимые качества. В ожидании таких двигателей изучается возможность создания машины для полетов со скоростями 25 М. Самолет-ракета на 70–110 пассажиров в полете на высоте 60 км должен развивать крейсерскую скорость 28800 км/ч, что позволит достигать любой точки земного шара не более чем за 30 минут.

При современных стремительных темпах научно-технического прогресса реализация таких проектов станет возможной не в столь отдаленной перспективе.

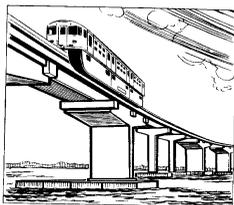


Рисунок 9.4 – Моно-
рельсовая дорога

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Аксенов И. Я. Единая транспортная система. – М.: Высш. школа, 1991. – 383 с.
- 2 Аксенов А. Ф. Гражданская авиация СССР. – М.: "Знание", 1973. – 64 с.
- 3 Автоматизация управления безопасностью полетов / А. М. Гомулин, Г. В. Громов, А. С. Костицкий и др. – М.: Транспорт, 1989. – 116 с.
- 4 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.
- 5 Автомобильные дороги / Под ред. В. Ф. Бабкова– М.: Транспорт, 1983. – 280 с.
- 6 Бабков В. Ф. Пути сообщения: Конспект лекций. – М.: МАДИ, 1993. – 224 с.
- 7 Ванчукевич В. Ф., Седюкевич В. Н., Холупов В. С. Автомобильные перевозки. – Мн.: Дизайн ПРО, 1999. – 224 с.
- 8 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.
- 9 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.
- 10 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.
- 11 Единая транспортная система/ Под ред. В. Г. Галабурды– М.: Транспорт, 1996. – 295 с.
- 12 Ефремов И. С., Кобозев В. М., Юдин В. А. Теория городских пассажирских перевозок: Учеб. пособие для вузов. – М.: Высш. школа, 1980. – 535 с.
- 13 Железные дороги. Общий курс / Под ред. М. М. Уздина– М.: Транспорт, 1991. – 295 с.
- 14 Захаров В. Н., Зачесов В. П., Мальшикин А. Г. Организация работы речного флота: Учеб. для вузов.– М.: Транспорт, 1994. – 287 с.
- 15 Захаров В. А., Редько Л. А. История автотранспорта: Конспект лекций. – Гомель: БелГУТ, 1995. – 77 с.
- 16 Зелькин Г. Г. Летающие экспрессы. – Мн.: Высш. шк., 1984. – 156 с.
- 17 Инструкция по сигнализации на Белорусской железной дороге. – М.: Транспорт, 1994. – 129 с.
- 18 Инструкция по движению поездов и маневровой работе на Белорусской железной дороге. – М.: Транспорт, 1994. – 289 с.
- 19 Каменский В. Б., Горев Л. Д. Справочник дорожного мастера и бригадира пути. – М.: Транспорт, 1985. – 488 с.
- 20 Краткий автомобильный справочник / А. Н. Понизовкин, Ю. М. Власко, М. Б. Ляликов и др. – М.: АО "Транскосалтинг", НИИАТ, 1994. – 779 с.
- 21 Организация движения поездов: В 2 ч. / Под общ. ред. И. Г. Тихомирова– Мн.: Высш. школа, 1979. – Ч. 1, 224 с.; Ч. 2, 192 с.
- 22 Организация и планирование грузовых автомобильных перевозок / Под ред. Л. А. Александрова – М.: Высш. школа, 1977. – 335 с.
- 23 Организация работы флота и портов / Под ред. А. П. Ирхина. – М.: Транспорт, 1966. – 528 с.

- 24 Основы взаимодействия железных дорог с другими видами транспорта / Под ред. *В. В. Повороженко*. – М.: Транспорт, 1986. – 215 с.
- 25 Пассажи́рские автомоби́льные перево́зки / Под ред. *Н. Б. Островского*. – М.: Транспорт, 1986. – 220 с.
- 26 Правила технической эксплуатации Белорусской железной дороги. – М.: Транспорт, 1994. – 161 с.
- 27 Проблемы развития транспорта СССР. Единая транспортная сеть: / Под ред. *С. С. Ушакова, К. Ю. Скалова, В. Л. Станиславюка*. – М.: Транспорт, 1981. – 253 с.
- 28 *Пустовалов Б. И.* От "Руссо-Балта" до КАМАЗа. – Мн.: Выш. шк., 1984. – 94 с.
- 29 *Сыцко П. А., Шульженко П. А., Ярошевич В. П.* Общий курс железных дорог: Конспект лекций. – Гомель: БелИИЖТ, 1990. – 65 с.
- 30 *Сотников Е. А.* Железные дороги мира из XIX в XXI век. – М.: Транспорт, 1993. – 200 с.
- 31 Справочник необходимых знаний. – М.: РИПОЛ КЛАССИК, 2000. – 768 с.
- 32 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.
- 33 *Хиврич И. Г.* и др. Автоматизированное вождение воздушных судов. – М.: Транспорт, 1985. – 328 с.
- 34 *Царенко А. П.* Поезд отправляется в путь. 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Транспорт, 1987. – 254 с.
- 35 *Чароцкая Л. П.* Железная дорога от А до Я. – М.: Транспорт, 1990. – 208 с.
- 36 *Шапков З. А.* Внутренний водный транспорт СССР. Общий курс. – М.: Транспорт, 1978. – 295 с.

Учебное издание

Валентин Петрович Я р о ш е в и ч

Михаил Иванович Ш к у р и н

Общий курс транспорта

Учебное пособие

Редактор

Корректор

Подписано в печать

Формат бумаги 60x84¹/₁₆. Бумага писчая № 1.

Печать на ризографе. Гарнитура Таймс.

Усл. печ. л. . Уч.-изд. л. . Тираж 1000 экз.

Зак. № . Изд. № .

Редакционно-издательский отдел БелГУта,

246653, г. Гомель, ул. Кирова, 34. Лицензия ЛВ № 57 от 22.10.97 г.