



# 2

---

## Реформа

### железных дорог:

Сборник материалов по повышению эффективности сектора железных дорог

## Глава 2:

Рынки и технологии железных дорог

---

## 2. Рынки и технологии железных дорог

### 2.1 Введение

В Главе 2 описываются фундаментальные структурные элементы железных дорог и то, как они организованы для обслуживания транспортного рынка. Вначале обсуждаются железнодорожные рынки, а затем технологии, которые используются железнодорожным транспортом для обслуживания этих рынков.

### 2.2 Характеристики транспортного рынка

Железнодорожные рынки можно разделить на два основных сегмента: пассажирские перевозки и грузовые перевозки. Инфраструктура каждого сегмента схожа или даже одинакова, но тип транспортных средств, оборудование и элементы инфраструктуры зачастую различаются.

#### 2.2.1 Пассажирские перевозки

К типичным сегментам рынка пассажирских перевозок относят: *городской*, включая метро, трамваи и системы легкого рельсового транспорта, *местный или пригородный* и *междугородный*, который включает обычные поезда и высокоскоростные поезда.



Метро

Городские железные дороги, как правило, обслуживают городской центр и близлежащие территории. В пределах делового центра метро обычно функционирует под землей. Стандартный вагон имеет 100 сидячих мест, максимальная пассажировместимость – 160 человек. В большинстве метро поезда могут двигаться со скоростью 100 км/ч и они электрифицированы, напряжение постоянного тока 750 В или 1500 В, электрифицирован каждый второй вагон. Поезда в метро состоят из четырех или шести вагонов, которые обычно автоматизированы. Метро лучше всего подходят для перемещения большого количества пассажиров на короткие расстояния в городе. Примерами могут служить Лондонское и Парижское метро.



Трамвай

Еще одним видом городской железнодорожной сети являются трамваи. Трамваи зачастую включены в уличное дорожное движение, но некоторые из них ходят по специально отведенным путям. Пассажировместимость трамваев составляет 80 мест для сидения, а максимальная пассажировместимость – около 120 человек. Большинство трамваев работает на постоянном электрическом токе напряжением 750 В. Хотя максимальная скорость трамваев составляет 80 км/ч, их средняя скорость обычно ниже. Большинство трамваев состоит из двух вагонов, в каждом из которых имеется водительское место. Во многих крупных

городах Европы имеются трамвайные сети, а крупнейшая в мире трамвайная сеть находится в Мельбурне, Австралия.



Легкий рельсовый транспорт

Системы легкого рельсового транспорта часто неотличимы от трамваев, но в настоящее время легкий рельсовый транспорт зачастую имеет специально выделенный путь и предназначен для работы на определенных направлениях, таких как аэропорты или деловые центры. Количество мест в поездах легкого рельсового транспорта схоже с количеством мест в трамвае; обычно поезда состоят из двух-четырех вагонов с расположенными по обоим концам поезда кабинами машиниста. Такие поезда работают от источника постоянного тока напряжением 750 В. Легкий рельсовый транспорт – относительно новое явление; вместимость поездов меньше, чем у метро, но проезд в них, в общем, стоит дешевле. Однако по сравнению с трамваями легкий рельсовый транспорт имеет большую пассажироместимость из-за размеров поезда, скорости движения и наличия выделенного пути.



Совместная линия метро и пригородного поезда

Пригородные поезда обычно обслуживают более протяженные маршруты; в таких поездах сиденья установлены не так плотно, поэтому пассажиры чувствуют себя более комфортно при более длительных поездках. Обычно в таких поездах используются двухуровневые вагоны для повышения пассажироместимости и комфорта. Чаще всего на пригородных направлениях используют электролокомотивы и электро-дизельные локомотивы. Питание локомотивов осуществляется от сети переменного тока напряжением 25 кВ.



Обычный междугородный поезд

Стандарты современного оборудования нивелируют границы между легким рельсовым транспортом и пригородным сообщением; одно и то же оборудование может использоваться для двух видов перевозок. Если поезда пригородного сообщения используют ту же инфраструктуру, что и грузовые поезда, то к пассажирскому оборудованию применяются высокие стандарты по аварийной безопасности, поэтому большинство поездов приводятся в движение локомотивом.

Традиционные междугородные пассажирские поезда обычно приводятся в движение электролокомотивами или электро-дизельными локомотивами, питание которых осуществляется от сети переменного тока напряжением 25 кВ. Междугородные поезда курсируют по одним и тем же путям с грузовыми составами и могут использовать одни и те же локомотивы. Максимальная скорость движения составляет около 120 км/ч. В некоторых междугородных поездах предусмотрены различные классы вагонов, а также имеются спальные вагоны. Пассажироместимость обычных вагонов составляет порядка 80 человек. Пассажироместимость вагонов первого класса меньше; иногда такие вагоны могут быть разделены на купе и выполнять функцию спального вагона.



Высокоскоростной  
поезд

Скорость движения поездов высокоскоростного железнодорожного сообщения составляет 250 км/ч или более. Как правило, высокоскоростные поезда имеют в своем составе 8 вагонов. В некоторых

поездах имеются встроенные локомотивы; в других двигатели распределены по всей длине поезда, а в той части, где обычно находится локомотив, располагаются пассажирские места. Некоторые высокоскоростные поезда оснащены двухуровневыми вагонами. Высокоскоростные поезда движутся по выделенным железнодорожным путям, поэтому частота движения поездов довольно высока. Один поезд в час – типичный максимальный интервал движения. Иногда высокоскоростные поезда передвигаются и по стандартному скоростному железнодорожному пути, чтобы попасть в места, где не может быть построен выделенный путь, такие, например, как железнодорожные станции, расположенные в центральной части города. Все высокоскоростные поезда являются электропоездами и, в основном, работают от электросети переменного тока напряжением 25 кВ.

Пассажирские поезда, в которых тяговые моторы распределены по всему составу, называются «моторвагонный подвижной состав»; моторвагонный подвижной состав, приводимый в движение за счет электроэнергии, называется «электропоездом», а моторвагонный состав, приводимый в движение за счет сжигания дизельного топлива – «дизель-поездом». Обычно такие поезда не имеют отдельных локомотивов, но могут быть оснащены обтекаемыми вагонами в голове и хвосте поезда, оборудованными кабинами машиниста. На основании данной классификации метро, трамвай, легкий рельсовый транспорт и многие высокоскоростные поезда относятся к категории электроподвижного состава. Все электропоезда оснащены электромоторами, установленными на большинстве колесных осей для создания тяги. В традиционных поездах и пригородных поездах с локомотивами обмоточные оси имеются только в локомотиве, и локомотив приводит в движение (тянет или толкает) весь остальной подвижной состав.

На рисунке ниже приведены основные характеристики оборудования, используемого в каждом из сегментов рынка.

**Рисунок 2.1** Характеристики пассажирского подвижного состава

Вид транспорта	Скорость (км/ч)	Количество пассажиров в вагоне	Количество пассажиров в составе	Количество вагонов в составе	Стандартная протяженность пути пассажира	Стоимость/состав, долларов США
Трамвай	40	120	240	2	1-2 км	4 млн.
Метро	70	160	720	6	2-4 км	12 млн.
Легкий рельсовый транспорт	80	100	400	4	5-10 км	6 млн.
Пригородные поезда	120	80	480	6	15-20 км	12 млн.
Традиционные междугородные поезда	160	80	640	8	25-120 км	12 млн.
Высокоскоростные поезда	250-350	70	560	8	250-350 км	25 млн.

Стандартными единицами измерения в пассажирских перевозках являются поездки и пассажиро-километры. Поездкой считается путь пассажира от момента входа в систему пассажирского транспорта до

*Пассажирские железнодорожные перевозки обычно измеряются количеством поездок и пассажиро-километрами.*

момента выхода из нее. В городских условиях, когда пассажир может использовать несколько линий метро, поездка может включать в себя проезд на нескольких поездах. Когда железнодорожные линии находятся в ведении разных органов управления, то проезд пассажира по каждому из сегментов может считаться «поездкой» для целей учета. Пассажиро-километры обычно рассчитываются исходя из расстояния между пунктом отправления и пунктом назначения, умноженного на количество пассажиров, проезжающих между каждым пунктом отправления и назначения.

Доходы от пассажирских перевозок зачастую очень сложно подсчитать. Плата за пассажирские перевозки варьируется в зависимости от вида транспорта, способа сбора платы за проезд, доли субсидирования. Например, многие метрополитены продают месячные проездные билеты, которые могут быть использованы для неограниченного количества поездок или сегментов поездок. Некоторым категориям пассажиров – студентам, инвалидам, пенсионерам – зачастую предоставляются скидки на месячные проездные билеты. Другие метрополитены берут плату за проезд по каждому сегменту и используют пополняемые карты предоплаты для взимания платы за каждую поездку. При продаже карт предоплаты также может предоставляться скидка в случае их предварительной продажи, или продажи некоторым категориям пассажиров – студентам, инвалидам или пенсионерам. На специальных линиях легкого рельсового транспорта, обслуживающего аэропорты, например, обычно взимается фиксированная плата за поездку.

*Городской пассажирский железнодорожный транспорт относится к категории государственных услуг; железнодорожные линии дальнего сообщения обычно покрывают свои эксплуатационные издержки.*

Стоимость проезда в пригородных поездах обычно зависит от дальности поездки и времени суток – в часы пик может применяться повышающий коэффициент. Если пригородные и городские железнодорожные линии взаимосвязаны, то один билет может быть использован для проезда на обоих сегментах, а доходы от пассажирских перевозок распределяются в зависимости от понесенных затрат, например на основании такого показателя как пассажиро-километры.

Стоимость проезда в междугородных поездах обычно зависит от класса вагона и расстояния. Тем не менее, во многих высокоскоростных поездах применяется система тарификации схожая с системой тарификации в авиаперевозках. Стоимость билета зависит от того, насколько заблаговременно приобретен билет, в зависимости от класса вагона, времени суток и расстояния. Во многих странах, где развита система высокоскоростных поездов и провинциальных железнодорожных линий, применяется интегрированная система взимания платы за проезд с целью обеспечения предоставления конкурентных и уравнивающих услуг каждой из систем железнодорожного транспорта. В некоторых городах также существует разделение доходов между метрополитеном и междугородными железнодорожными линиями, хотя такие случаи редки.

Обычно услуги городского железнодорожного транспорта относятся к категории государственных услуг, субсидируемые государством. Некоторые городские железнодорожные системы, такие как Гонконгский метрополитен и Лондонский метрополитен, работают на безубыточной основе с точки зрения эксплуатационных издержек. Однако такие транспортные системы редко могут покрывать свои капитальные расходы.

Пассажирский железнодорожный транспорт оптимально подходит для быстрого перемещения большого количества людей, таким образом, городской железнодорожный транспорт является важным звеном городского планирования. Городской железнодорожный транспорт определяет центры сосредоточения населения и кардинально влияет на схемы развития городов. Точно так же пригородные пассажирские перевозки являются эффективным и относительно недорогим видом транспортного сообщения, связывающего пригороды с центром города, а также друг с другом. Городские и пригородные железнодорожные транспортные системы могут приносить значительные общественные выгоды, включая существенную экономию средств, как для государства, так и для простых граждан — уменьшение количества заторов на дорогах и загрязнения окружающей среды, снижение аварийности, улучшение территориального планирования. Более того, городской и пригородный железнодорожный транспорт способен обеспечивать существенные финансовые выгоды от повышения стоимости имущества и более качественных схем развития. Некоторые городские и пригородные железнодорожные системы, в особенности в Японии, достаточно успешно воспользовались увеличением стоимости имущества для финансирования собственных железнодорожных систем, а также создания вышеуказанных общественных благ.

Доходы междугородного пассажирского железнодорожного транспорта зачастую покрывают эксплуатационные издержки, однако немногие компании работают на условиях самоокупаемости, достаточной для покрытия капитальных затрат. Большинство высокоскоростных поездов «TGV», принадлежащих Национальной железнодорожной компании Франции (SNCF) работают с прибылью, которая покрывает и стоимость оборудования, однако областные и традиционные железнодорожные линии данной компании редко получают прибыль. Таким образом, большая часть инфраструктурных затрат в сфере пассажирских железнодорожных перевозок субсидируется; иногда государство осуществляет закупку подвижного состава.

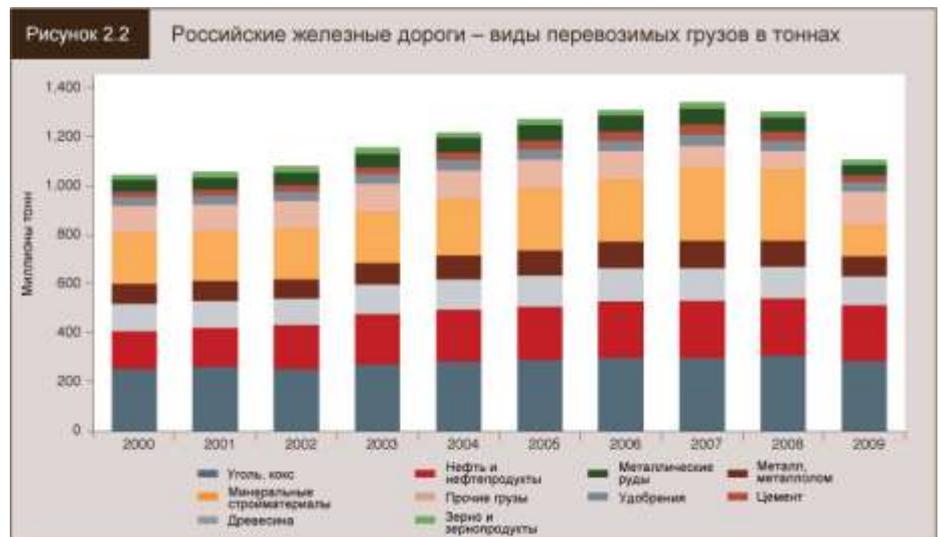
Пассажирский железнодорожный транспорт приносит значительные общественные блага в виде быстрого перемещения, сокращения количества заторов на дорогах, уменьшения загрязнения воздуха и выбросов углекислого газа, а также снижению убытков в результате аварий. Если спрос на междугородные пассажирские железнодорожные перевозки высок, то государство может сэкономить на строительстве дополнительной автомагистрали, что позволит повысить общую энергоэффективность. Иногда железная дорога является единственным

видом транспорта для жителей отдаленных районов. Тем не менее, если объем перевозок составляет менее 1000 пассажиров в день, то в большинстве случаев автобусы дальнего следования будут обходиться дешевле и будут обеспечивать схожую или даже лучшую энергоэффективность, в зависимости от частоты движения поездов и коэффициента загрузки.

Большинство пассажирских железнодорожных линий имеют отличную статистику аварийности; количество аварий на пассажиро-километр меньше, чем по другим видам пассажирского транспорта. Аварии случаются, в основном, на пересечениях железнодорожных путей и автомобильных дорог на одном уровне.

## 2.2.2 Грузоперевозки

Железнодорожные грузоперевозки важны для экономического роста многих стран и регионов. Как упоминалось выше, железнодорожные грузоперевозки отличаются эффективностью, позволяют эффективно перемещать большой объем грузов на большие расстояния по разумным ценам. Основную долю в железнодорожных перевозках занимают перевозки насыпных грузов: угля, железной руды, фосфатов, зерна, лесоматериалов, гравия, песка и других строительных материалов.



Ассортимент товаров, перевозимых Российскими железными дорогами, приведенный на рисунке, является типичным для многих крупных железнодорожных сетей; схожие данные по Китайским железным дорогам приведены на графике ниже. В обоих случаях в перечне грузов, перевозимых при помощи этих крупных железнодорожных сетей, преобладают уголь, полезные ископаемые, сельскохозяйственная продукция и строительные материалы.



Контейнерное судно

Если недоступны внутренние судоходные водные пути, железнодорожный транспорт является единственным эффективным видом транспорта для перевозки больших объемов неупакованных товаров. Зачастую насыпные грузы транспортируются поездами, которые загружены только одним товаром (направляемым из одного и того же места отправления в одно и то же место назначения: с места добычи на электростанцию или сталелитейный завод, или с зернового элеватора в порт). Эффективность таких составов очень высока, так как нет необходимости в промежуточных погрузочно-разгрузочных работах; но зачастую грузовые вагоны возвращаются порожними.<sup>11</sup>



Смешанный товарный поезд

Железнодорожный транспорт также является эффективным видом транспорта для перевозки обычных грузов, автомобилей и тяжелых грузов. Большая часть этого грузопотока должна проходить через сортировочную станцию, где грузы сортируются в зависимости от места назначения и группируются для погрузки и последующей транспортировки. Несмотря на то, что сортировка вагонов с тяжеловесными грузами занимает время, железнодорожный транспорт все еще является эффективным видом транспорта для транспортировки смешанных грузов, так как в зависимости от инфраструктуры поезда могут состоять из 50 – 150 вагонов.

Железнодорожные контейнерные перевозки расширяются и развиваются. С момента начала контейнерных перевозок в 1959 году<sup>12</sup>

<sup>11</sup> Поезд, перевозящий один вид груза из одного пункта отправления в один пункт назначения, зачастую называется «грузовой унифицированный состав прямого сообщения» или «маршрутный поезд». Обычно в таких поездах используется подвижной состав и иные механизмы для быстрой загрузки-разгрузки, например, такие как кольцевые пути с автоматической загрузкой открытых хопперов, поворотные вагонные сцепки, позволяющие опрокидывать вагоны для разгрузки не расцепляя их, или автоматические разгрузочные люки на вагонах-хопперах.

<sup>12</sup> Малколм Маклин считается родоначальником контейнерных перевозок; в 1959 году он отправил первый контейнерный груз из города Ньюарк (штат Нью-Джерси) в Хьюстон (штат Техас).

данный вид грузоперевозок играет важную роль в транспортировке товаров, включая жидкие и насыпные грузы, особенно в области импорта и экспорта, связанного с морскими перевозками.



Поезд, транспортирующий  
контейнеры в два яруса

До начала осуществления контейнерных перевозок судоходная отрасль была способна загружать и разгружать около 0,6 тонн грузов в расчете на человека в час; к 1976 году данный показатель возрос до 4235 тонн в расчете на человека в час; в настоящее время скорость погрузочно-разгрузочных операций составляет свыше 8000 тонн в расчете на человека в час в стандартном контейнерном порту. Ранее обычное судно для перевозки расфасованных грузов, перевозящее ящики, бочки и мешки с различными грузами, проводило в порту несколько недель, а в 1959 году стандартное коммерческое грузовое судно было способно перевозить 10000 тонн груза со скоростью 16 узлов (29 км/ч). К 2009 году контейнерные суда были способны перевозить 77000 тонн груза со скоростью 25 узлов (46 км/ч), и время простоя судна под погрузкой-разгрузкой составляло всего 16 часов. Некоторые из этих показателей эффективности имеют отношение и к железнодорожным грузовым перевозкам. Крытые грузовые вагоны вмещают больше грузов, чем контейнер и подходят для транспортировки множества разных товаров, однако их могут использовать только грузоотправители, расположенные вдоль железных дорог. Остальные грузоотправители должны загружать товары в контейнеры и использовать автомобильный транспорт для доставки контейнеров в контейнерный терминал, где они будут перегружены на корабль или поезд для последующей транспортировки на более дальние расстояния. На многих рынках между железнодорожным и автомобильным транспортом существует жесткая конкуренция за контейнерные перевозки; большинство грузов, которые должны быть доставлены из пункта отправления в пункт назначения в кратчайшие сроки, перевозятся автомобильным транспортом. Однако предпочтение все в большей степени отдается контейнерным железнодорожным перевозкам для транспортировки обычных грузов и из портов и отдаленных логистических центров, расположенных внутри страны.

*Грузовые  
железнодорожные  
перевозки измеряются  
в тоннах перевезенного  
груза или в тонно-  
километрах брутто и  
нетто.*

Количество грузов, перевозимых любым видом транспорта, измеряется в тоннах и тонно-километрах. Тонно-километр (или тонно-километр нетто) = вес перевезенного груза, умноженный на расстояние, на которое перевезен груз. Еще одной часто применяемой единицей измерения является доходный тонно-километр, учитывающий массу груза, приносящего доход, и исключаящий грузы, не приносящие доход, например, рельсы, балласт и иные грузы, перевозимые для нужд железнодорожной компании. Важной единицей измерения в железнодорожных грузовых перевозках является тонно-километр брутто, который включает в себя вес порожнего железнодорожного вагона как при движении поезда груженым, так и при движении поезда порожним. Тонно-километры брутто также называются «буксируемые тонны» или общий буксируемый тоннаж. Иногда в тонно-километры брутто включают вес локомотива, везущего товарный поезд.

Потребление энергии и топлива железнодорожным транспортом тесно связано с тонно-километрами брутто, так как это практически прямая мера измерения выполненной работы. Рельеф местности также играет важную роль в расходе топлива. Движение поездов в гору или с горы напрямую влияет на энергопотребление каждой конкретной железнодорожной компании. Однако, с учетом географии и рельефа местности, потребление энергии обычно связано с тонно-километрами брутто.

### 2.3 Основные преимущества железных дорог

*Железные дороги идеально подходят для перемещения большого количества пассажиров и грузов между стандартными пунктами маршрута.*

Железнодорожный транспорт является эффективным и экономически выгодным способом транспортировки большого количества пассажиров и грузов на дальние расстояния, особенно когда осуществляются большие объемы перевозки между пунктом отправления и пунктом назначения. Экономическая эффективность железнодорожного транспорта возрастает с увеличением объемов и дальности перевозок. Если требуется доставлять меньшее количество пассажиров и грузов в большее количество пунктов назначения, то в данном случае автомобильный транспорт, как правило, является более эффективным и экономически выгодным видом транспорта.

При больших объемах перевозок железнодорожный транспорт обеспечивает гораздо более значительную экономию затрат, создает большие преимущества в области экологии, энергетики, землепользования, чем автомобильный транспорт, хотя в некоторых случаях железнодорожный транспорт может быть медленнее автомобильного. Водный транспорт может быть более энергоэффективным и менее затратным по сравнению с железнодорожным транспортом (в зависимости от расположения и наличия водных путей), однако обычно водный транспорт намного медленнее железнодорожного. Железнодорожные пассажирские и грузовые перевозки могут конкурировать с воздушными и автомобильными перевозками на определенных расстояниях.

*Железные дороги, по которым перевозятся навалочные грузы, не должны иметь крутых уклонов. Для скоростных пассажирских железнодорожных линий допускается наличие более крутых уклонов.*

Как правило, железнодорожный транспорт является наиболее эффективным способом транспортировки больших объемов грузов на дальние расстояния, например, доставка угля или полезных ископаемых от шахт или мест производства, расположенных в глубине страны, на отдаленные рынки сбыта. Для размещения железнодорожной инфраструктуры требуется относительно небольшая территория, полосы земли шириной 100 метров вполне достаточно для этих целей, а ширина стандартной полосы отчуждения составляет всего 10 метров. Однако, для грузовых железнодорожных перевозок требуется достаточно пологие уклоны и плавные закругления железнодорожного полотна, особенно при транспортировке полезных ископаемых – уклоны не должны превышать 2,0 процентов. В отличие от железных дорог автомобильные дороги с большой пропускной способностью могут иметь достаточно крутые уклоны – 5,0 процентов и более. Тем не менее,

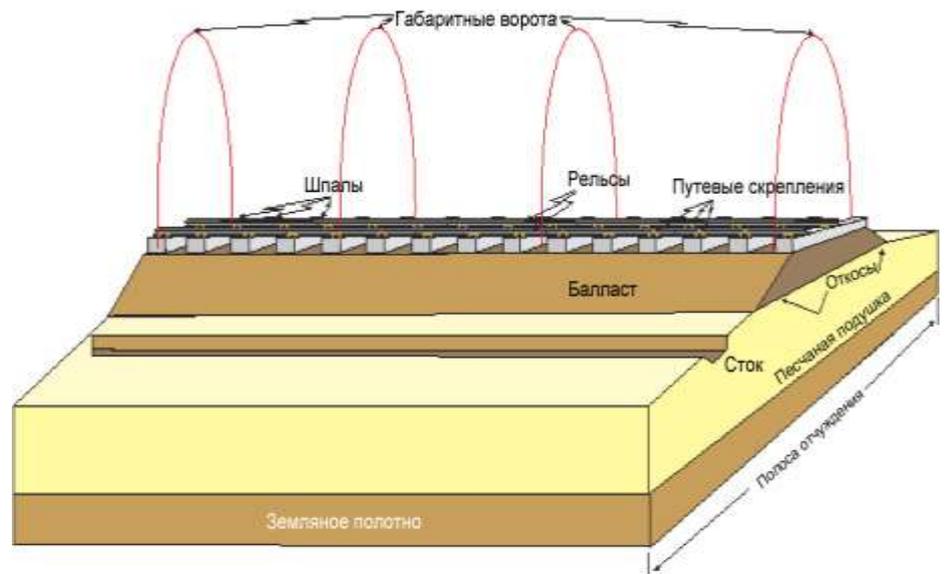
железнодорожный маршрут между двумя пунктами может быть менее прямолинейным, чем автодорога.

## 2.4 Железнодорожные технологии и терминология

В ходе работы над реформированием железнодорожной отрасли или инвестиционными проектами не лишним является понимание железнодорожной профессиональной лексики и терминологии, а также знакомство с железнодорожными технологиями, техническими стандартами и общепринятой практикой. Данный раздел посвящен основополагающим железнодорожным понятиям и концепциям.

### 2.4.1 Инфраструктура

Как правило, железнодорожная инфраструктура представляет собой комплекс постоянных сооружений, включающих следующие основные компоненты:



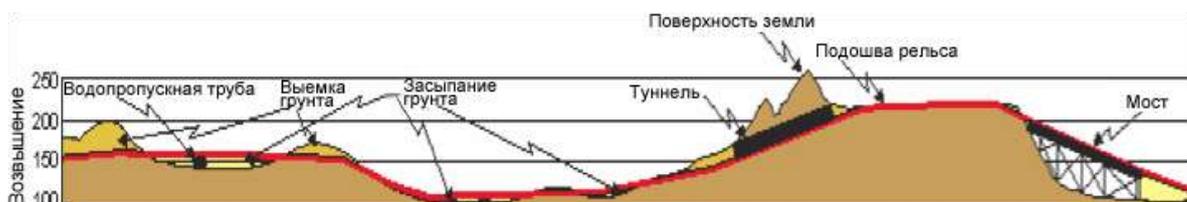
#### Железнодорожная инфраструктура

Базовая железнодорожная инфраструктура включает в себя земляное полотно, песчаную подушку, балласт, шпалы (также известные как поперечины), рельсы и путевые скрепления, которые фиксируют рельсы в определенном положении по отношению к шпалам и друг к другу.<sup>13</sup> Данные сооружения, составляющие основу железнодорожной инфраструктуры, должны проектироваться с учетом предполагаемого назначения железной дороги. Железным дорогам, предназначенным для перевозки тяжелых грузов, понадобится плотная песчаная подушка, не содержащая таких проблемных образований, как, например, мягкие болотистые почвы, а также значительная прослойка из твердого щебня,

<sup>13</sup> Путевые скрепления состоят из накладок, костылей, болтов, хомутов и анкеров - все эти приспособления предназначены для сцепления рельсов и шпал и сохранения между ними необходимых промежутков.

обычно гранитного. Балласт также должен быть представлен твердым щебнем; толщина прослойки должна быть достаточна для распределения нагрузки по всей песчаной подушке, а размер щебня должен обеспечивать беспрепятственный сток воды в водоотводные сооружения, прилегающие к откосам поперечного профиля верхней части балластовой призмы. Одним из основных преимуществ железной дороги являются очень низкие затраты энергии, необходимой для перемещения стальных колес по стальным рельсам.

Однако ввиду того, что сила трения между стальными колесами и стальными рельсами ничтожно мала, железная дорога должна иметь пологие уклоны – мягкий подъем и мягкий спуск. Как отмечалось ранее, обычно железные дороги проектируются с уклонами от 1,0 до 2,0 процентов (10-20 метров на километр).<sup>14</sup> Проектировщики железных дорог применяют различные технологии для минимизации вертикальных уклонов; некоторые из них представлены ниже на диаграмме.

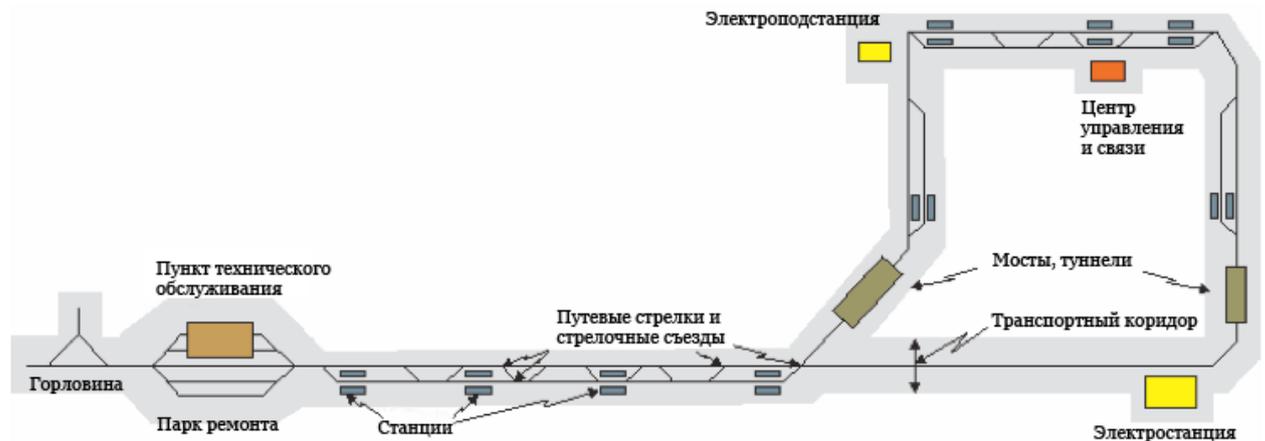


Путевые сооружения, смягчающие вертикальные уклоны железнодорожного полотна

Проектировщики используют мосты и туннели для решения проблем с вертикальным уклоном на территориях с особенно сложным ландшафтом, прокладывают пути напрямую сквозь холмы, засыпают впадины, зачастую используя грунт, оставшийся после прокладки туннелей, т.е. делают все для того, чтобы железнодорожное полотно было как можно более ровным. Они также строят разного рода водоотводные сооружения, такие, как водопропускные трубы – бетонные трубы либо коробчатые сооружения, по которым вода протекает под железнодорожными путями, – а также дренажные каналы.

Ниже на схеме короткого железнодорожного пути приводятся другие термины, часто используемые при разработке проектов строительства железных дорог:

<sup>14</sup> За исключением скоростных железных дорог, которые используют большую удельную мощность на единицу веса для достижения высоких скоростей. Такие железные дороги можно строить и с более крутым уклоном - до 5 процентов.



### Компоненты инфраструктуры

На данной схеме изображены разнообразные компоненты инфраструктуры — пункты технического обслуживания, путевые стрелки (другое название — стрелочные переводы) и стрелочные съезды, позволяющие поездам переходить с одного пути на другой, а также ремонтный и сортировочный парки, где грузовые и пассажирские вагоны группируются в соответствующем порядке перед отправлением поезда. Приспособление, известное как «горловина», используется для поворачивания локомотивов и даже целых составов в обратном направлении. Оно пришло на смену поворотной платформе, которая ранее применялась для этих целей.

### *Однколейные и двухколейные железные дороги*

Многие железные дороги являются однколейными. Поезда отправляются со станции или из парка с множеством железнодорожных путей, прибывают на следующую станцию или в парк по одному железнодорожному пути. Только один поезд может одновременно передвигаться по однколейной железной дороге. Зачастую через определенные промежутки на пути следования поезда однколейные железнодорожные линии оборудуются разъездными путями, благодаря которым составы, двигающиеся в противоположных направлениях, могут встретиться и разъехаться. Пропускная способность железнодорожной линии определяется тем, сколько времени требуется поездам для преодоления расстояния между разъездными путями.

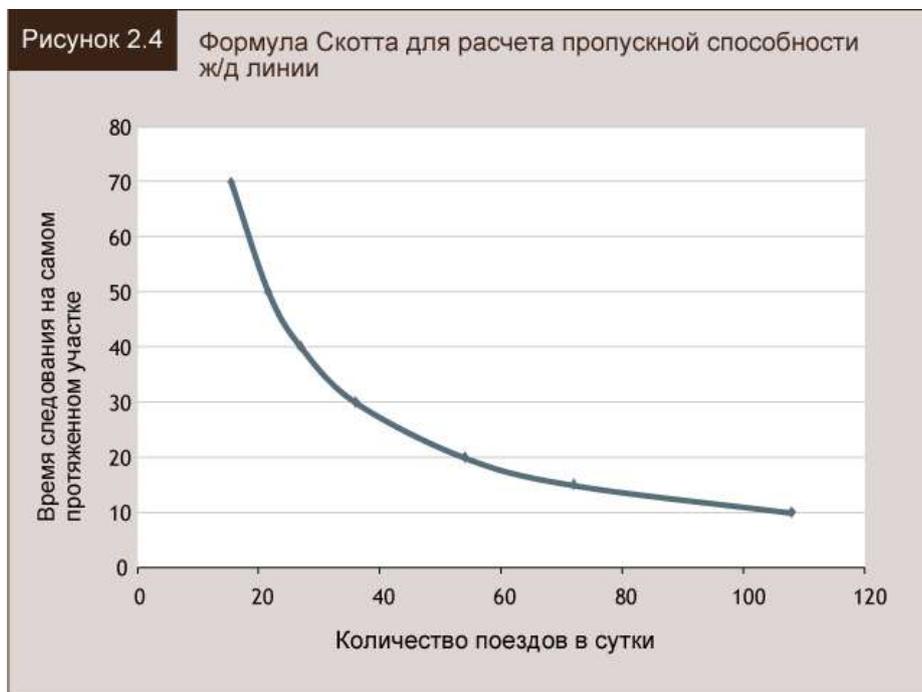
Традиционно инженеры-путейцы рассчитывают приблизительную суточную пропускную способность железнодорожной линии, используя «Формулу Скотта» (Рисунок 2.4), согласно которой:

$$N = E \times 24 \times 60 \times T \quad \text{где}$$

**N** = Количество поездов/сутки

**E** = Эффективность системы сигнализации (обычно варьируется от 0,7 до 0,9)

**T** = Выраженное в минутах максимальное время следования и остановки на участке между разъездными путями на данной железнодорожной линии



Составы обычно обладают достаточно большой массой, но низкие потери на трение, благодаря которым достигается высокая энергоэффективность железнодорожных перевозок, в то же время не позволяют останавливать их достаточно быстро. Каждое колесо грузовых и пассажирских вагонов оборудовано пневматическим тормозом, при необходимости замедляющим движение и останавливающим поезд, но, несмотря на это, для полной остановки состава требуется довольно большое расстояние: в большинстве случаев от километра и более. Чем выше скорость поезда и чем он тяжелее, тем больше времени необходимо для его остановки. Аналогично, требуется больше времени и большее расстояние для того, чтобы вывести тяжелый поезд с разъездного пути и разогнать его до нужной скорости. Данные факторы принимаются во внимание при определении значения показателя «**T**» в приведенном выше уравнении. Для однопутных железных дорог со скоростью движения около 100 км/ч, оборудованных современной системой сигнализации и разъездными путями (разъездные пути выдерживают поезда стандартных размеров), пропускная способность однопутной железнодорожной линии составляет 30 поездов в сутки (при условии, что половина из них движется в одном направлении, а другая половина – в другом). При увеличении количества поездов увеличивается и взаимовлияние между ними, приводя к более длительным задержкам в пути. Инженеры-путейцы используют различные приемы для повышения пропускной способности: увеличивают скорость движения поездов (это уменьшает значение параметра **T** в уравнении), прокладывают больше разъездных путей (что также способствует уменьшению значения параметра **T**),

модернизируют системы сигнализации (повышая значение параметра **E**).

При дальнейшем увеличении количества поездов, следующих по железной дороге, имеющиеся разъездные пути объединяются в участки двухколейного железнодорожного полотна, что позволяет поездам разъезжаться друг с другом, не сбавляя скорости, при этом экономя время на остановке и разгоне. В конечном итоге, для еще большего увеличения пропускной способности железнодорожной линии всю ее придется сделать двухколейной. Правда, и у двухколейных железных дорог имеются определенные проблемы с пропускной способностью. Поезда могут следовать друг за другом на расстоянии как минимум равном тормозному пути самого медленного из них; в случае перевозки смешанных грузов некоторые поезда могут двигаться медленно – либо за счет многочисленных остановок, либо большой массы груза, в то время как другие могут идти с достаточно большой скоростью. Большая разница в скорости поездов в определенной степени ограничивает пропускную способность даже двухколейных железнодорожных линий, так как поездам приходится переходить с одного пути на другой для обгона более медленных составов. Некоторым городским железнодорожным системам требуется до шести колеи для обеспечения необходимой пропускной способности в густонаселенных районах города.

### *Сигнализация и авторегулировка*

На большинстве железных дорог с высокой пропускной способностью для регулировки движения поездов устанавливаются специальные системы сигнализации; по принципу действия они похожи на дорожные светофоры, и они позволяют поездам двигаться в обоих направлениях, как по одноколейным, так и по двухколейным железным дорогам. На одноколейных дорогах системы сигнализации могут работать только на разъездных путях или станциях. Современные системы сигнализации способны отслеживать движение поезда, и их индикаторы связаны со стрелочным механизмом для предотвращения перехода поезда на путь, по которому уже движется другой поезд. «Автоматическая блокировка» – это общепринятый термин для обозначения систем сигнализации, связанных с текущим разъездным путем, а также последующим и предыдущим путями, для обеспечения безопасности движения поездов.



Диспетчерский центр управления

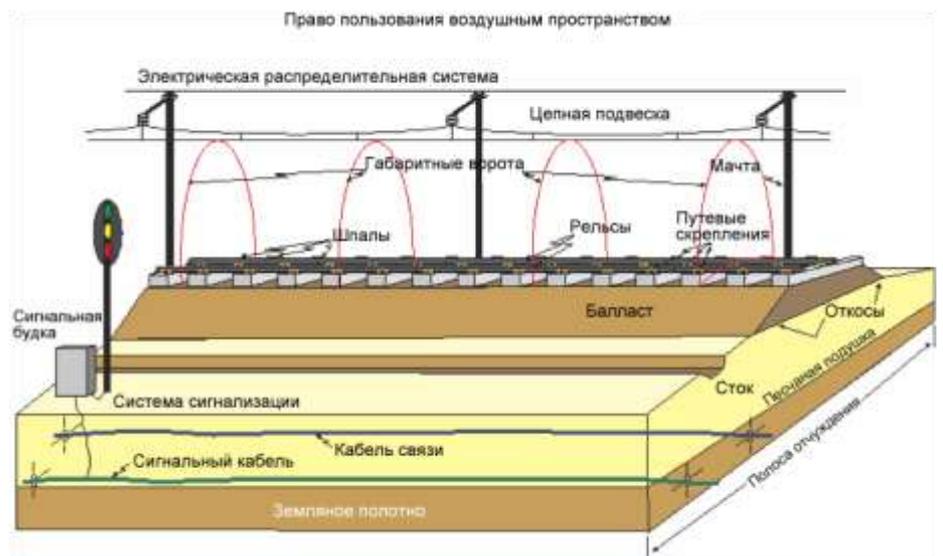
В основе передовых систем сигнализации лежат централизованные системы управления для покрытия больших территорий. В самых современных системах используются специальные компьютерные технологии, которые помогают диспетчерам в принятии сложных решений о том, какой поезд следует ускорить, а какой наоборот – задержать. Современные системы сигнализации представляют собой компьютеризированные системы управления, в которых применяются сложнейшие цифровые системы коммуникации. Данные системы способны принудительно подавать необходимые сигналы и автоматически останавливать поезда при возникновении угрозы

безопасности движения. Слева показана часть современной системы управления движением поездов.

### *Электрификация*

Большинство скоростных железных дорог и железных дорог с высокой пропускной способностью электрифицированы; на них используются электрические локомотивы, которые обычно снабжаются электроэнергией от воздушных линий электропередачи, но иногда, на внутригородских железных дорогах, источником электроэнергии может служить система тяги с контактным рельсом, проходящая по поверхности земли. Ниже на схеме представлены компоненты электрической распределительной системы и путевые сигналы. Основными элементами системы сигнализации являются сигнальные будки, индикаторные системы (на некоторых железных дорогах сигнальное табло установлено внутри локомотива, а не вдоль путей), а также сигнальные кабели и кабели связи, необходимые для управления этими системами. Система электрификации состоит из следующих компонентов: мачты или столбы и система цепной подвески, по которой электрический ток поступает к локомотиву. В воздушных системах, аналогичных системе, изображенной ниже, локомотивы оборудованы пантографами на крыше для приема электрического тока.

При движении поезда пантограф скользит вдоль системы цепной подвески. При электрификации железных дорог соблюдается ряд установленных электрификационных стандартов; на сегодняшний день самым распространенным является 25 кВ переменного тока для магистральных железных дорог, но вместе с тем есть много систем, отвечающих стандарту 3 кВ постоянного тока, ряд систем, соответствующих стандарту 15 кВ переменного тока и несколько систем, построенных согласно стандарту 1,5 кВ постоянного тока. На многих городских железных дорогах используется напряжение 1,5 кВ постоянного тока, но все же в большинстве случаев сегодня применяется напряжение 750 В постоянного тока. Для электрификации чаще всего используют воздушные системы распределения электроэнергии наподобие системы, изображенной на схеме, но в некоторых случаях применяются системы тяги с третьим (контактным) рельсом.



#### Системы электрификации и сигнализации

Они отличаются большей компактностью, меньшими габаритами и более узкими туннелями; большинство из них используют напряжение 600-750 В постоянного тока.

Магистральным пассажирским железным дорогам электрификация дает преимущество высокой удельной мощности на единицу массы – достаточно большая мощность (в киловаттах или лошадиных силах) обеспечивается в относительно легких локомотивах ввиду того, что локомотивам не требуется дизельный двигатель и генератор. Это преимущество особенно полезно, когда поезд должен двигаться с большой скоростью (например, свыше 150 км/ч) и когда необходимо обеспечить высокие показатели разгона при остановке и отправлении поезда. Электрификацию имеет смысл использовать на грузовых железных дорогах, особенно на тех, которые обладают большой пропускной способностью (не менее 40 миллионов длинных тонн в год) и более высокими ценами на дизельное топливо по сравнению с тарифами на электроэнергию.

Электрификация железной дороги стоит очень дорого, в среднем 3,0-5,0 миллионов долларов США/километр, включая подстанции. Электрификация может также потребовать существенной модификации имеющихся систем сигнализации, мостов и туннелей для обеспечения больших габаритных ворот в связи с установкой цепной контактной подвески. Высокие первоначальные издержки и постоянные расходы на техническое обслуживание заставляют руководство большинства коммерческих железных дорог тщательно взвешивать все «за» и «против» электрификации. Несмотря на это, по некоторым данным, около 25 процентов железнодорожных линий в мире электрифицированы, и более 50 процентов железнодорожного транспорта работает на электрической тяге.

В зависимости от источника электроэнергии (например, силовые установки с низким уровнем выбросов) и его удаленности от

железнодорожного полотна (так как до 30 процентов электроэнергии, производимой электростанцией, теряется в процессе ее передачи) электрифицированные железные дороги могут помочь снизить вредное воздействие железнодорожного транспорта на окружающую среду.

### Железнодорожная колея



Инженеры-путейцы часто обсуждают «габарит нагрузки» железной дороги, который представляет собой комбинацию ширины рельсовой колеи, размеров габаритных ворот и максимальной осевой нагрузки. Ширина рельсовой колеи измеряется как расстояние между внутренними поверхностями рельсы, см. рисунок слева. Несмотря на то, что в мире используется огромное множество значений для ширины рельсовой колеи, самые распространенные из них приведены на Рисунке 2.5.

Рисунок 2.5 Значения ширины рельсовой колеи

Общепринятое название ширины колеи	Метрическая мера	Английская система мер	% мировых железных дорог	Страны, в которых используется данная ширина колеи
Стандартная	1,435	4' 8-1/2"	57%	США, Канада, Европа, Китай
СНГ/Российская*	1,525	5'	18%	Россия, Украина, Казахстан
Капская	1,067	3' 6"	9%	Южная Африка, Индонезия, Япония
Метрическая	1,000	3' 3-3/8"	8%	Бразилия, Индия, Аргентина
Индийская	1,676	5' 6"	6%	Индия, Пакистан, Аргентина, Чили
Иберийская	1,668	5' 5-2/3"	1%	Португалия, Испания
Ирландская	1,600	5' 3"	1%	Ирландия, Австралия, Бразилия

\* ширина 1520 мм также традиционно используется в странах СНГ и Финляндии.

Два фактора влияют на ширину железнодорожной колеи – это либо традиции, либо затраты.

Во многих странах железные дороги строятся с использованием сразу нескольких значений ширины рельсовой колеи. Почему же тогда одна ширина предпочтительнее другой? На это есть две основные причины – традиции и затраты. Многие железные дороги были построены зарубежными инженерами, которые использовали ширину рельсовой колеи, принятую в их странах. Вторая причина – это затраты: при строительстве узкое расстояние между рельсами обходится дешевле, чем широкое ввиду того, что расход материалов меньше, меньше грунта приходится выкапывать или взрывать, туннели можно делать уже; при меньшей ширине рельсовой колеи также требуется меньшее количество гравия и можно использовать меньшие по размеру и более дешевые шпалы. Когда железнодорожная сеть только развивалась и в основном использовалась в качестве средства сообщения в местах разработки полезных ископаемых и других природных ресурсов, инвесторы часто строили железные дороги с меньшей шириной рельсовой колеи для минимизации своих издержек. Например, некоторые латиноамериканские железные дороги, предназначенные для транспортировки бананов, имеют ширину рельсовой колеи всего 560 мм, так как такие дороги можно было быстро и дешево построить, а затем довольно легко переместить.

*Оптимальная ширина колеи – это та, которая уже используется; тем не менее, новые обособленные железнодорожные линии могут иметь любую необходимую ширину колеи. Все же в большинстве случаев использование стандартной ширины колеи является хорошим компромиссным решением.*

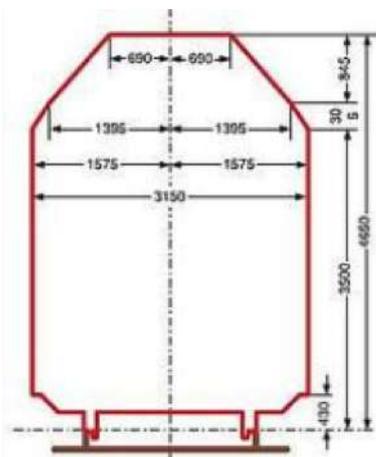
Каковы преимущества различной ширины рельсовой колеи? Более широкая колея предпочтительнее для железных дорог, которые планируется использовать для перевозки тяжелых грузов; широкая колея обеспечивает стабильность железнодорожного полотна, снижает нагрузку на рельсы и увеличивают срок службы компонентов железной дороги. В середине 80-х годов прошлого века компания «Вале» (CVRD) построила новую широкую железнодорожную линию протяженностью 1000 км в долине Амазонки с целью транспортировки крупных партий полезных ископаемых. Однако железные дороги и с более узкой колеей способны не менее эффективно перевозить тяжелые грузы. Компания «Вале» владеет еще одной железной дорогой в Бразилии, очень узкой дорогой с капской шириной рельсовой колеи (EFVM), по которой перевозится более 120 миллионов тонн железорудного концентрата с гор в штате Бело Хоризонте до порта отгрузки на побережье Атлантики. Данная железная дорога также перевозит пассажиров и универсальные грузы. В Южной Африке железные дороги с аналогичной шириной рельсовой колеи успешно используется для транспортировки миллионов тонн угля.

Большая часть железных дорог, используемых сегодня для перевозки тяжелых грузов, имеют стандартную ширину рельсовой колеи, вероятно, в связи с наличием широкого выбора подвижного состава, соответствующего данному стандарту, а также большого количества поставщиков компонентов, систем и сопутствующего оборудования для железных дорог со стандартной шириной рельсовой колеи. Использование стандартной ширины рельсовой колеи можно считать хорошим компромиссом между дешевыми узкоколейными железными дорогами и дорогими ширококолейными. Вопрос о ширине рельсовой колеи является важным лишь на этапе проектирования (в связи с расчетом затрат на строительство) и теряет свою значимость, когда железнодорожная линия уже построена и введена в эксплуатацию.

Новая железная дорога должна соответствовать требованиям к ширине колеи, действующим в конкретном регионе при условии, что после ее постройки она станет частью национальной железнодорожной сети. Однако, если новая железнодорожная линия независима от других линий и имеет четко определенное предназначение, выбор ширины рельсовой колеи будет зависеть от проектного решения, предпочтительного в данном случае. Учитывая, что для скоростной перевозки пассажиров используются железные дороги с разной шириной колеи, новая железнодорожная линия, используемая для таких перевозок, вероятнее всего будет иметь стандартную ширину колеи, так как большая часть специализированного подвижного состава для данной железной дороги спроектирована (и изначально предназначена) для использования на железнодорожных путях со стандартной шириной колеи. Например, в Испании национальная железная дорога имеет иберийскую ширину рельсовой колеи, равную 1668 мм, но вместе с тем власти страны использовали стандартную ширину при строительстве высокоскоростных железнодорожных линий для того, чтобы их можно

было легко соединить с существующими французскими и европейскими линиями.

Ввиду того, что большинство железных дорог в мире имеют стандартную ширину колеи, выбор стандартного подвижного состава, а также ремонтного и строительного оборудования для железных дорог, отвечающих данному стандарту, особенно широк. В целом рекомендуется строить новые железнодорожные линии со стандартной шириной рельсовой колеи, за исключением случаев, когда такая линия должна стать частью национальной железнодорожной системы, имеющей другую ширину колеи, а также при наличии какой-либо другой существенной причины выбрать другую ширину рельсовой колеи.



Габаритные ворота

### *Габаритные ворота или погрузочный габарит*

Термин «погрузочный габарит» железной дороги также служит для обозначения габаритных ворот (изображены на схеме слева) для подвижного состава. Габаритные ворота также определяют размеры проемов в туннелях и под мостами, а также расстояние от оси железнодорожного пути до станционных платформ, указателей, сигнальных огней и другого путевого оборудования. Железным дорогам с воздушной электрификацией потребуется больший вертикальный габарит, но погрузочный габарит будет все равно определяться с учетом максимального размера подвижного состава. Как правило, в габаритных воротах учитываются проектные характеристики и длина вагонов, а также делаются поправки на возможное покачивание подвижного состава при движении. Размер габаритных ворот должен обязательно учитываться всякий раз, когда руководство железной дороги принимает решение о введении в эксплуатацию нового подвижного состава нестандартного размера, такого, как двухуровневые пассажирские вагоны или железнодорожные платформы для перевозки контейнеров в два яруса, которые могут потребовать расширения габаритных ворот.

### *Нагрузка на ось*

Нагрузка на ось — отношение предельно допустимого веса груженого железнодорожного вагона или локомотива к числу осей, имеющихся на подвижном составе, — это основной показатель физических возможностей и прочности инфраструктуры. Нагрузка на ось является важным элементом погрузочного габарита железной дороги, в то время как предельно допустимые нагрузки на ось и масса порожних грузовых вагонов играют ключевую роль при определении эффективности и устойчивости железнодорожного транспорта.

Многие старые железные дороги были построены согласно стандарту 16-18 тонн на ось. В Индии, России и Китае в качестве предельно допустимых значений использовались 22,5-23,5 тонн. Железные дороги, специально предназначенные для перевозки тяжелых грузов, предусматривают максимальную нагрузку в 32,5 тонн на ось (это стандартное значение для Северной Америки, хотя некоторые железнодорожные линии выдерживают нагрузку и в 36 тонн на ось); а в

Австралии была спроектирована новая большегрузная железная дорога, способная стабильно работать при осевой нагрузке в 40 тонн на ось.<sup>15</sup>

Масса порожних грузовых вагонов может серьезно повлиять на эффективность железной дороги. Ранее проектные решения подвижного состава не были столь точным, как сегодня, а применявшиеся технологии производства и литья стали не могли обеспечивать высокое качество готовых изделий, в результате чего вагонные компоненты получались более громоздкими и тяжелыми, чем могли бы быть. Тем не менее, сейчас современные системы производства и проектирования, а также высокопрочные сплавы стали и алюминия позволяют изготавливать гораздо более легкие грузовые вагоны, обладающие при этом большей вместимостью.

**Рисунок 2.6** Нагрузка на ось

	Грузоподъемность (тонн)	Вес порожняка	Нагрузка на ось	Ср. дальность перевозки груза	% Перевозки порожняка	Т км нетто	Т км брутто	Соотношение т км брутто / т км нетто
Вагон для перевозки легких грузов	45	25	17,50	1,000	30%	45,000	77,500	1,72
Вагон для перевозки обычных грузов	45	25	22,50	1,000	30%	45,000	97,500	1,50
Многосекционный состав	75	25	25,00	1,000	100%	75,000	125,000	1,67
Вагон для перевозки тяжелых грузов	110	22,5	33,13	1,000	100%	110,000	155,000	1,41
Контейнерный вагон	40	20	15,00	1,000	25%	40,000	65,000	1,63
Железнодорожная платформа для транспортировки контейнеров в два яруса	80	20	25,00	1,000	25%	80,000	105,000	1,31
Легковой дорожный транспорт	15	9	6,00	1,000	20%	15,000	25,800	1,72
Тяжеловесный дорожный транспорт	33	8	8,20	1,000	30%	33,000	43,400	1,32

\* Это теоретически оптимальные значения. На практике в связи с охватом, ремонтом, планированием маршрута движения и другими факторами данные коэффициенты могут возрастать.

Выше в таблице приводятся наилучшие соотношения тонно-километра брутто и тонно-километра нетто, которых можно добиться в данных условиях. На практике получить такие высокие коэффициенты не удается в связи с «броуновским» движением железнодорожных составов – они следуют в неправильном направлении либо меняют маршрут, проходят очистку перед следующей загрузкой, отправляются на ремонт или на плановый осмотр. Как правило, средние значения коэффициентов для грузовых железных дорог варьируются в диапазоне от 1,8 до 1,9. Для железных дорог с предельными легкими осевыми нагрузками отношение тонно-километра брутто к тонно-километру нетто, как правило, выше 2,0. Вагоны для перевозки тяжелых грузов и платформы для транспортировки контейнеров в два яруса наоборот являются самыми эффективными видами железнодорожного транспорта. В случае с вагонами для перевозки тяжелых грузов их

<sup>15</sup> Изначальная осевая нагрузка на железную дорогу составит 32,5 метрические тонны, а затем по прошествии ряда лет в результате отвердения рельс и утрамбовки земляного полотна показатель предельной осевой нагрузки вырастет до 40 тонн/ось, что наглядно покажет воздействие постоянных высоких нагрузок и частого движения поездов на качество железнодорожного полотна.

конструкция и высокие показатели предельной нагрузки на ось компенсируют потери времени, связанные с возвращением порожняка большей части подвижного состава для повторной загрузки. Платформы для транспортировки контейнеров в два яруса имеют низкий коэффициент соотношения тонно-километра брутто к тонно-километру нетто из-за высоких предельных нагрузок на ось, небольшого веса порожних вагонов, универсальности контейнеров и необходимости возврата пустых контейнеров. Значение коэффициента для вагона для перевозки обычных грузов, имеющего нагрузку в 22,5 тонн/ на ось и 30 процентов пустого хода, на практике в среднем равно 2,0. Данный вид вагонов характерен для России, Китая и Индии. С этой точки зрения, легковесный дорожный транспорт, вероятно, используемый для перевозки на небольшие расстояния, не отличается большой эффективностью; в то же время большегрузный дорожный транспорт способен обеспечить достаточно высокую эффективность.

### *Модуль упругости подрельсового основания*

Как правило, прочность инфраструктуры измеряется при помощи модуля упругости подрельсового основания – он позволяет рассчитать степень жесткости или сопротивляемости вертикальному прогибу под нагрузкой. Так, чем больше значения, выдаваемые модулем упругости, тем выше степень жесткости, больше предельная нагрузка на ось и износостойкость. Модуль упругости подрельсового основания определяется многими факторами – шириной рельсовой колеи, массой рельс, типом шпал и расстоянием между ними, типом балласта и его толщиной, а также качеством земляного полотна. Образцы значений модуля приводятся ниже на рисунке. Большие значения говорят о большей жесткости и более стабильном состоянии инфраструктуры.

**Рисунок 2.7** Модуль упругости подрельсового основания

Рельс	Величина интервалов между шпалами	Тип балласта и глубина укладки	Модуль упругости подрельсового основания
R42	1,800 / км	150 мм шлаковый балласт на глинистом полотне	375
R42	1,800 / км	150 мм известняковый балласт на глинистом полотне	760
R42	1,800 / км	300 мм известняковый балласт на глинистом полотне	780
R42	1,800 / км	600 мм известняковый балласт на глинистом полотне	850
R50	1,800 / км	600 мм известняковый балласт на утрамбованном глинистом полотне	2,000
R60	1,660 / км	600 мм известняковый балласт на утрамбованном глинистом полотне	2,100
R60	1,660 / км	600 мм известняковый балласт на щебеночном/известняковом полотне	3,600
R65	1,660 / км	650 мм гранитный балласт на полотне из дробленого гранита	4,200

Реформы в сфере железнодорожных перевозок и инвестиции, способствующие повышению предельных нагрузок на ось, приобретению современных легких вагонов, совершенствованию механизмов управления подвижным составом и укреплению инфраструктуры, – это те меры, благодаря которым повышается рентабельность железных дорог и обеспечивается их устойчивое развитие.

## 2.4.2 Подвижной состав

Железнодорожный подвижной состав отличается разнообразием. Ниже описываются самые распространенные виды подвижного состава, используемого для пассажирских перевозок.

### Локомотивы

Единственное назначение локомотивов – тянуть или толкать поезда; они не перевозят ни пассажиров, ни грузы. Локомотивы подразделяются на виды в зависимости от типа первичного двигателя или источника энергии, используемого для того, чтобы привести их в движение. Современные локомотивы бывают либо электрическими, либо электро-дизельными. Электрические локомотивы запитаны от воздушной контактной сети или от контактного рельса и оборудованы электродвигателями, которые приводят колеса в движение. В качестве первичного источника энергии служит установленный на локомотиве трансформатор, который преобразует электричество воздушной контактной сети в тип электроэнергии, требуемый для тягового электродвигателя, чтобы приводить в движение колеса локомотива. В электро-дизельных локомотивах вместо трансформатора установлен дизельный двигатель, который приводит в движение генератор переменного тока, вырабатывающий электроэнергию для тяговых двигателей, которые приводят в движение колеса локомотива.

В некоторых дизельных локомотивах вместо электродвигателей установлены гидравлические преобразователи крутящего момента. Такие локомотивы называются дизельно-гидравлическими локомотивами. Старые паровые локомотивы, работающие на угле, мазуте или древесине в настоящий момент используются лишь в туристических целях или для выполнения временных работ на малых железных дорогах, а также выставлены в качестве экспонатов в музеях.

### Подвижной состав для перевозки пассажиров

Описание пассажирского подвижного состава приводится в Разделе 2.2.1. Важной категорией подвижных составов является моторвагонный подвижной состав, который подразделяется на два основных типа: электропоезда и дизель-поезда. В моторвагонном подвижном составе отсутствует локомотив; многочисленные вагоны могут соединяться и управляться из одного места. Некоторые из вагонов в моторвагонном подвижном составе имеют обмоторенные оси; вагоны, которые не имеют обмоторенных осей, называются прицепными вагонами. Как правило, в первом вагоне размещается место машиниста и места для пассажиров. Моторвагонные подвижные составы пользуются большой популярностью по многим причинам.

- Моторвагонные подвижные составы легко адаптируются к уровню спроса со стороны пассажиров, так как вагоны можно добавлять и удалять из состава.
- В моторвагонных подвижных составах места для машинистов оборудованы с обоих концов состава, поэтому машинисты могут



Электролокомотив «Bombardier TRAXX»



Электро-дизельный локомотив  
«GE Evolution»



Электропоезд в Квинсленде



Дизель-поезд в Нидерландах

быстро подготовиться к обратному рейсу; это делает моторвагонные подвижные составы очень популярными на пригородных направлениях.

- Моторвагонные подвижные составы имеют большее количество мест для пассажиров на длину пути, так как они не имеют локомотива.
- В моторвагонных подвижных составах тяговое и тормозное усилие распределено по всей длине поезда, в результате чего достигается более высокая удельная мощность на единицу веса и более эффективное ускорение и торможение.

Гибкость и конструктивные характеристики моторвагонных подвижных составов идеально подходят для высокоскоростных железнодорожных перевозок, так как для преодоления аэродинамического сопротивления требуется более высокая мощность.<sup>16</sup>



Американский крытый товарный вагон 89' , класс А

Некоторые высокоскоростные поезда «TGV» и «ICE»<sup>17</sup> считаются поездами-челноками с моторными вагонами, расположенными по обоим концам состава, некоторые из которых имеют мощность 16300 лошадиных сил (12200 кВт). Например, поезд «Евростар», состоящий из 2 моторных вагонов<sup>18</sup> и 18 прицепных вагонов общей мощностью 24400 кВт (32600 лошадиных сил), может перевозить 794 пассажиров в конфигурации с двухуровневыми вагонами.

### Товарные вагоны

Существует несколько видов железнодорожных товарных вагонов, каждый из которых предназначен для наилучшего выполнения конкретных грузовых перевозок.



100-тонный открытый хоппер «CSX»

**Крытые товарные вагоны** широко используются для перевозки многих товаров, таких как автомобильные запчасти, консервы, мешки с цементом и даже неупакованное зерно. В некоторых крытых товарных вагонах предусмотрены внутренние погрузочные крепления (оборудованные товарные вагоны), предлагаются разнообразные типы и размеры дверей, возможность термоизоляции, охлаждения и контроля температуры, чтобы товары не перегревались и не замерзли. Существует несколько классов вагонов, так, например, вагоны самого высокого класса используются для перевозки пищевых продуктов или иной продукции, которая не должна загрязняться другими товарами.

**Открытые хопперы** могут загружаться множеством различных способов; их используют для перевозки товаров, которые можно транспортировать под открытым небом, например, каменных



100-тонный закрытый хоппер для зерна «UP»

<sup>16</sup> Современные локомотивы также могут работать и в конфигурации моторвагонного подвижного состава; многие локомотивы могут быть объединены в моторвагонный состав и эксплуатируются как единый локомотив, где один машинист управляет всеми прицепленными локомотивами.

<sup>17</sup> «TGV» (Train à Grande Vitesse, фр. «Скоростной поезд») французский высокоскоростной поезд; «ICE» (Inter-City-Express, - англ. «Междугородный экспресс») - немецкий высокоскоростной поезд.

<sup>18</sup> В данном случае моторный вагон означает два постоянно спаренных между собой локомотива.



Полувагон с высокими бортами



Роторный опрокидыватель для  
полувагонов



Платформа с центральной балкой  
для перевозки фанеры



Прицепы и контейнеры на вагонах-  
платформах



Российская нефтеналивная  
железнодорожная цистерна

материалов, угля и минеральных руд. Название этого вагона происходит от английского слова «hoppers», которое означает «воронкообразный бункер» – устройство располагающееся снизу вагонов, которое открывают, чтобы быстро и просто выгрузить содержимое.

**Закрытые хопперы** используются для перевозки таких грузов, как зерно, цемент, песок, удобрения, мука или сахар, химические или порошкообразные вещества, которые могут быть испорчены при транспортировке под открытым небом. Некоторые закрытые хопперы отличаются возможностью более легкой разгрузки, так как в них предусмотрены вибрирующие боковые стенки или системы подачи воздуха, которые облегчают разгрузку. Закрытые хопперы зачастую классифицируются в зависимости от размера (кубические метры/футы), вагоны большего размера используются для перевозки грузов меньшей плотности, например, муки или зерна, вагоны меньшего размера используются для перевозки грузов с высокой плотностью, например, цемента или песка.

**Полувагоны** имеют открытый верх, но не оборудованы разгрузочной воронкой на дне. Большинство полувагонов разгружают при помощи кранов или ковшей, но в некоторых полувагонах предусмотрено опускающееся днище. Полувагоны часто разгружают при помощи роторного опрокидывателя (см. фото слева). Полувагоны с высокими бортами используют для каменных материалов, угля и других материалов с относительно низкой плотностью, включая цемент в 10-тонных мешках. Полувагоны с низкими бортами используют для транспортировки более тяжелых материалов, например, листовой стали, стальных строительных элементов, оборудования и других материалов, которые допускают перевозку под открытым небом.

**Вагоны-платформы** используются для перевозки машинного оборудования, бревен, фанеры, контейнеров и автомобильного транспорта. Многие вагоны-платформы оборудованы специальными приспособлениями, которые позволяют увеличить их функциональность: например, автомобильная рампа трансформирует платформу для целей перевозки автомобилей; добавленные боковые стойки позволяют перевозить трубы и необработанные лесоматериалы; добавленные переборки позволяют транспортировать бревна или пиломатериалы. При помощи вагонов-платформ или их модифицированных вариантов перевозят грузовые автомобили, резервуары, турбины и иные товары.

**Железнодорожные цистерны** используются для перевозки жидкостей, например, нефти или нефтепродуктов, химикатов или потребительских товаров: растительного масла, молока, пива или воды. Некоторые цистерны используются для перевозки сжиженного газа, например, сжиженного нефтяного газа, или жидкостей или газов под давлением, например, сжиженного природного газа. Зачастую цистерны подразделяются на виды в зависимости от типа перевозимого товара, так, например, химикаты, нефть и нефтепродукты перевозятся в

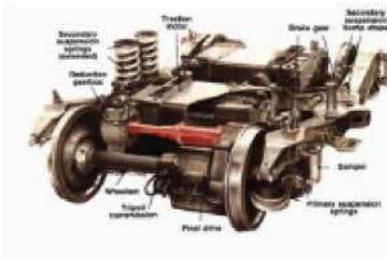


Тележка грузового вагона

резервуарах со специальной внутренней облицовкой, а молоко или пиво можно перевозить в цистернах из нержавеющей стали. Во многих странах существуют требования касательно наличия специальных элементов безопасности у цистерн, предназначенных для перевозки опасных грузов, например, сцепки с защитными выступами, которые препятствуют расцеплению вагонов при сходе поезда с рельсов, или усиленных торцевых щитов, которые защищают цистерну от пробивания сцепным устройством при сходе поезда с рельсов. Помимо этого цистерны высокого давления оборудованы клапанами сброса давления и специальными вентиляционными системами.

Эти базовые типы грузовых вагонов имеют множество вариантов; многие железные дороги сотрудничают с грузоотправителями и адаптируют грузовые вагоны для специальных нужд.

### Элементы подвижного состава



Тележка пассажирского вагона

Подвижной состав включает в себя некоторые основные общие составные элементы. Большинство железнодорожных грузовых и пассажирских вагонов устанавливаются на **тележки** (см. фото слева). Большинство тележек имеет две **колесные пары**, поэтому тяжелый железнодорожный состав может проезжать по закругленным участкам пути. Две **боковые рамы** удерживают две колесные пары (каждая колесная пара представляет собой конструкцию из двух колес, установленных на массивную ось). **Роликовые подшипники** устанавливаются между осями и боковыми рамами для обеспечения свободного поворота колесных пар. Обычно кузова вагонов не крепятся к тележкам, а просто опираются на них и устанавливаются на центральную опору. Как правило, на тележки пассажирских вагонов устанавливаются **систему подвешивания**, изолирующую их от колес и инфраструктурных элементов. Тележки также служат опорой для **тормозных систем**. Большинство пассажирских и грузовых вагонов оборудованы пневматическими тормозами. В тормозной системе товарных поездов используется сжатый воздух, который прижимает тормозные колодки к бандажу колеса. В некоторых пассажирских составах используется точно такая же тормозная система, однако большинство высокоскоростных поездов помимо колодочных тормозов оборудованы еще и дисковыми тормозами, которые крепятся напрямую на ось колесной пары.



Автосцепка с защитными выступами и воздушные шланги

**Автоматическая сцепка** спроектирована таким образом, чтобы железнодорожные вагоны можно было легко и быстро сцеплять друг с другом, в то время как поглощающий аппарат обеспечивает передачу продольных сил, которые приводят поезд в движение, через кузов вагона к другому вагону, при этом не мешая работе тележек. Некоторые сцепки, такие как сцепка показанная на фото слева, имеют выступающие части сверху и снизу (**автосцепки с защитными выступами**) для обеспечения сцепления вагонов даже в случае, если один из них сойдет с рельсов. Прочность системы сцепки и поглощающего аппарата определяет безопасный вес, с которым может эксплуатироваться поезд на железной дороге. На многих поездах также установлены **буферы**



Пружинные буферы товарного вагона

вдоль сцепного механизма для снижения влияния эффекта «свободного хода», когда группа вагонов имеет тенденцию растягиваться и сжиматься во время движения поезда.