

новой площадкой. На однопутных линиях она имеет форму трапеции

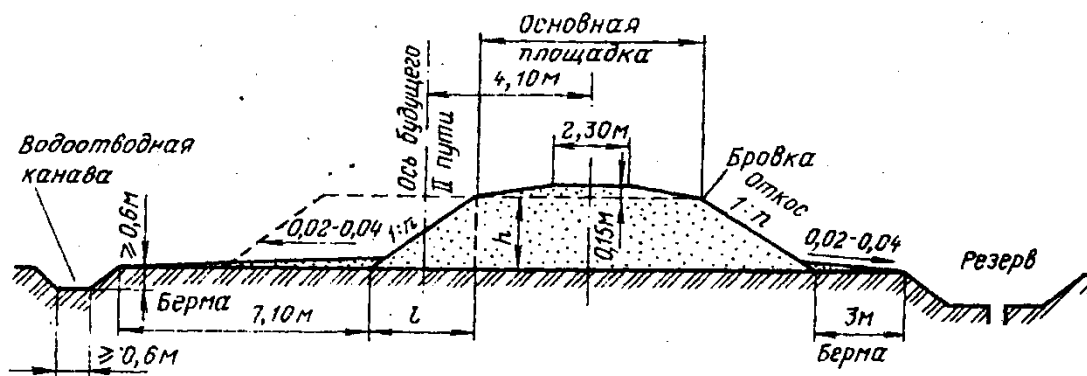


Рис. 4.4. Поперечный профиль насыпи

шириной поверху 2,3 м и высотой 0,15 м, на двухпутных - форму равнобедренного треугольника высотой 0,2 м. Такое очертание основной площадки способствует стоку воды, проникающей через балластный слой во время дождя и таяния снега.

Полоса земли, на которую опирается насыпь, является ее основанием. Линию пересечения основной площадки с откосом называют бровкой земляного полотна, а откоса с основанием - подошвой откоса.

Высотой насыпи считается расстояние от уровня бровки до ее основания по оси (см. рис. 4.4). Горизонтальную проекцию линии откоса называют его заложением, а отношение высоты откоса к заложению, которое обозначают $1:n$ - крутизной откоса. Крутизна откосов должна обеспечивать надежную их устойчивость и устанавливается в зависимости от высоты насыпи, свойств грунтов, геологических, гидрологических и климатических условий местности. Большое распространение имеют откосы крутизной $1:1,5$, называемые полуторными.

Отвод поверхностных вод от насыпей, сооружаемых 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 сооружают с обеих сторон, а при большем уклоне - только с нагорной стороны. Если насыпь возводится из местного грунта, взятого рядом с насыпью, то для отвода воды от полотна используют образующиеся при этом спланированные углубления, называемые резервами.

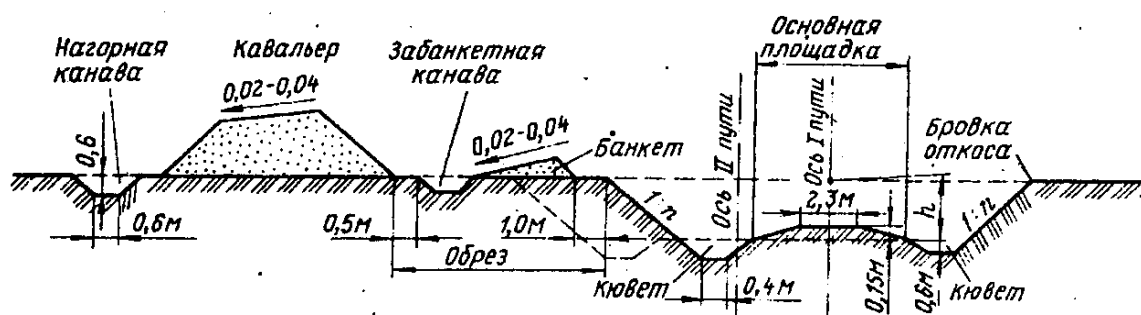


Рис. 4.5. Поперечный профиль выемки

Дну резервов и водоотводных канав придают предельный уклон не менее 0,002.

Полоса земли от подошвы откоса до водоотводной канавы или резерва называется бермой. Со стороны будущего второго пути на однопутных линиях ширину бермы принимают не менее 7,1 м, а с противоположной стороны - не менее 3 м. Для отвода воды от насыпи берма имеет уклон 0,02 - 0,04.

Типовой поперечный профиль выемки приведен на рис. 4.5. Основная площадка при этом имеет те же размеры, что и при насыпи. С каждой стороны основной площадки земляного полотна в выемках устраивают продольные канавы для отвода воды, называемые кюветами. Они имеют глубину не менее 0,6 м, ширину по дну не менее 0,4 м и продольный уклон дна не менее 0,002.

Вынутый при сооружении выемки грунт, не используемый для сооружения насыпи в другом месте, укладывают за откосом выемки с нагорной стороны в правильные призмы, называемые кавальерами. Для перехвата и отвода притекающих к выемке поверхностных вод за кавальерами сооружаются нагорные канавы, а на полосе между кавальером и бровкой откоса выемки отсыпают банкет с поперечным уклоном для отвода воды в забанкетную канаву. В неустойчивых грунтах, а также в стесненных условиях вместо водоотводных канав и кюветов устраиваются лотки, которые могут быть - железобетонные, бетонные, каменные или деревянные, по форме - трапецеидальные, прямоугольные, полукруглые и треугольные.

В пределах станций поверхностные воды отводят поперечными и продольными водоотводами, которые в местах работы людей делают закрытыми. На крупных станциях для продольного отвода воды прокладывают коллекторы и канализационные трубы, в районах с интенсивными осадками, кроме того, устраивают ливневую канализацию. Для перехвата и отвода грунтовых вод от земляного полотна или понижения их уровня предусматриваются специальные дренажные устройства - траншеи, заполненные крупным песком, гравием, щебнем, в нижней части которой обычно укладывают дрена - трубу с отверстиями для поступления в нее воды.

Для защиты от попадания поверхностной воды верхняя часть дренажа заполняется утрамбованной глиной, которая во избежание смешивания отделяется от дренирующего заполнителя двумя слоями дерна. В последние годы применяется дренаж конструкции ВНИИЖТа с керамзитовым трубо-фильтром; для его сооружения создана специальная машина. Для предохранения земляного полотна от размыва водой и выдувания ветром его откосы и бермы укрепляют. Наиболее простым способом укрепления незатапливаемых откосов земляного полотна является посев многолетних трав с густой стелющейся корневой системой. При небольшом периодическом затоплении применяют одерновку откосов сплошную или в клетку, для чего предварительно срезанные куски дерна закрепляют на откосах деревянными спицами.

Хорошо противостоят воздействию текущей воды древесно-

кустарниковые насаждения, которые применяют при периодических затоплениях в благоприятных климатических условиях. Надежно защищают затопляемые откосы от размыва мощением камнем, каменная наброска в плетневых клетках и габионы - проволочные ящики, загруженные камнем. Однако эти способы укрепления земляного полотна требуют больших затрат ручного труда.

Прочным и надежным укреплением, позволяющим полностью механизировать изготовление и укладку, являются железобетонные плиты. На строительстве БАМа, кроме того, использовались, гибкие железобетонные решетки и плиты, лучше работающие в условиях вечной мерзлоты и сейсмичности. Тип укрепления земляного полотна выбирают исходя из особенностей грунтов, степени затопляемости и скорости воды, наличия дешевых местных материалов, возможности механизации работ. Бровка земляного полотна в местах разлива вод должна быть не менее чем на 0,5 м выше максимальной высоты наката волны при сильных ветрах.

Для обеспечения устойчивости насыпей на крутых косогорах, а также для закрепления неустойчивых откосов применяют подпорные стены, пригружающие контрбанкеты и контрфорсы, сооружаемые по индивидуальным проектам применительно к гидрологическим особенностям каждого объекта.

Опыт строительства железных дорог в горных районах Сибири показал, что в ряде случаев вместо укладки на крутых неустойчивых косогорах целесообразнее размещать земляное полотно у их подошвы, отсыпая насыпи скальным грунтом в русле реки. Такие решения нашли применение и в проекте Байкало-Амурской магистрали при прокладке трассы в долинах рек Олекмы, Нюкжи и др.

Особые требования предъявляются к обеспечению устойчивости земляного полотна в районах вечной мерзлоты и, в частности, на БАМе, где на отдельных участках вечная мерзлота углубляется до 200 м и более. Здесь распространены глинистые и сильно переувлажненные грунты с низкой несущей способностью, которые при подтаивании подстилающих их вечномерзлых слоев дают значительные осадки. В этих условиях основные требования при сооружении и эксплуатации земляного полотна направлены на сохранение вечной мерзлоты в ее естественном состоянии. Для этого при строительстве стремятся сохранять моховой и дерновой покров в основаниях насыпей и на прилегающей полосе отвода, не допускать валку деревьев с корнями и корчевку пней. В необходимых случаях допускается деревья спиливать, а кустарник срезать бульдозерами в зимнее время. Высота насыпей определяется специальным теплотехническим расчетом, а их конструкция предусматривает уширенную основную площадку для компенсации осадок подъемкой пути на балласт.

При тщательном соблюдении правил сооружения и эксплуатации стабильность земляного полотна, как правило, обеспечивается. При несоблюдении же этих правил, а также при нарушении устойчивости земной поверхности или стихийных явлениях происходят изменения формы, или так называемые деформации земляного полотна. Различают деформации

и повреждения основной площадки земляного полотна, повреждения откосов, повреждения и разрушения тела и основания земляного полотна, в том числе при слабом основании или неблагоприятном воздействии природных факторов.

Деформации и повреждения основной площадки земляного полотна бывают в виде углублений на основной площадке и пучин. Углубления на основной площадке образуются из-за вдавливания балластного слоя в земляное полотно. При недостаточной толщине балластного слоя или несущей способности грунта основной площадки образуются углубления под шпалами, называемые балластными корытами (рис. 4.6, а). Если не принять своевременных мер, то балластные корыта увеличиваются, образуя балластные ложа (рис. 4.6, б), мешки (рис. 4.6, в) и гнезда (рис. 4.6, г).

Для предупреждения деформаций основной площадки насыпи отсыплют однородными грунтами с высокой несущей способностью, тщательно уплотняют их, не допускают попадания в тело земляного полотна воды, обеспечивают достаточную толщину балластного слоя до открытия движения поездов. Оздоровлять земляное полотно при наличии балластных корыт можно путем их вырезки или осушения сплошной боковой срезкой.

Пучинами называются поднятие грунта вследствие замерзания задерживающейся в нем или поступающей из нижних более теплых слоев воды. Пучины, возникающие в углублениях основной площадки земляного полотна или загрязненном балласте, называются поверхностными (верховыми), а образующиеся под основной площадкой - коренными (грунтовыми).

Поверхностные пучины можно предупреждать заменой загрязненного балласта, осушением балластных корыт и лож устройством прорезей. Коренные пучины ликвидируют понижением уровня грунтовых вод ниже глубины промерзания, устройством подкуветных дренажей, мелиорацией грунтов, а также отоплением земляного полотна укладкой противопучинных шлаковых или асбестовых подушек.

Повреждение откосов бывает в виде смылов грунта атмосферными водами, сплывов, т. е. местных смещений части грунта откоса при сохранении общей его устойчивости, оползаний, при которых происходит отслоение откосной части с захватом основной площадки. В скальных выемках бывают, кроме того вывалы отдельных камней или обвалы массы

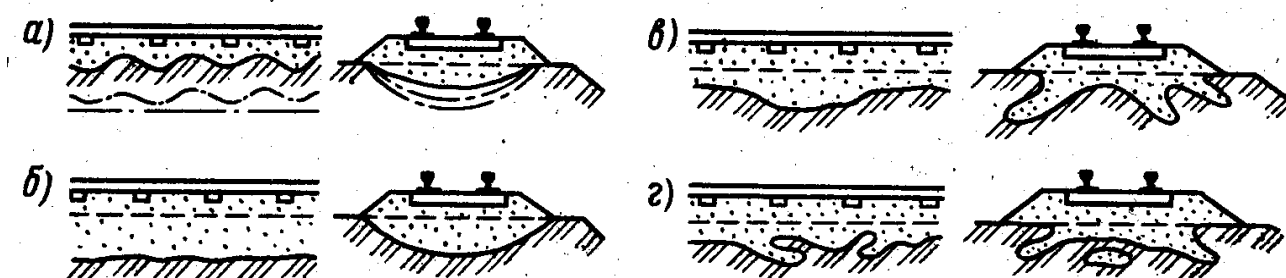


Рис. 4.6. Деформация основной площадки земляного полотна

скального грунта. Причинами таких деформаций являются недостаточное или поврежденное укрепление откосов, завышение их крутизны, недостаточная плотность грунтов насыпи. Смывы и сплывы устраняются планировкой откосов и дополнительным их укреплением, а оползания - уположиванием откосов или сооружением контрфорсов или контрбанкетов.

Повреждения и разрушения тела и основания земляного полотна бывают в виде оползней, сдвигов (сползаний) насыпей по наклонному основанию, расползания и оседания насыпей при стабильном основании. Причинами оползней являются переувлажнение грунтов сверх допустимого предела, а также неоднородности грунтов и неблагоприятная геологическая структура склона, а причиной сдвига - недостаточная подготовка косоугольного основания насыпи и отсутствие защиты от переувлажнения. Для предупреждения этих видов деформаций производится осушение земляного полотна и прилегающих откосов с помощью дренажей, а также сооружаются подпорные стены и контрбанкеты. Повреждения и разрушения земляного полотна вследствие слабости основания бывают в виде провалов, оседания целой насыпи, выпирания грунта у подошвы насыпи или основной площадки в выемках. Провалы могут иметь место при сооружении земляного полотна на карстовых породах; для предупреждения их выполняется тщательная геологическая разведка. Последствия оседаний ликвидируются подъемкой пути на балласт. Выпирание грунта основания у подошвы насыпи ликвидируется сооружением пригружающих контрбанкетов, а выпирание основной площадки в выемках - уменьшением крутизны откосов или их террасированием.

Верхнее строение пути (рис 4.7) представляет собой комплексную конструкцию, включающую балластный слой, шпалы, рельсы и рельсовые скрепления, противоугоны, в необходимых случаях стрелочные переводы, мостовые и переводные брусья. Рельсы, соединенные со шпалами, образуют рельсо-шпальную (путевую) решетку. При этом шпалы заглубляются в балластный слой, укладываемый на основную площадку земляного полотна.

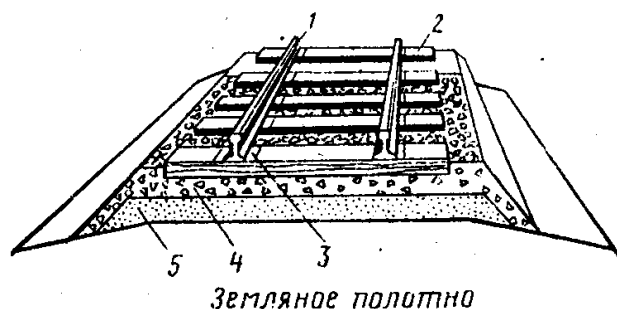


Рис. 4.7. Элементы верхнего строения пути: 1 – рельсы; 2 – шпалы; 3 - промежуточные рельсовые скрепления; 4 - щебеночный балласт; 5 – песчаная подушка

Толщина балластного слоя, а также расстояние между шпалами должны быть такими, чтобы давление на земляное полотно не превышало величины, обеспечивающей его упругую осадку, исчезающую после снятия нагрузки. По мере удаления от места непосредственного контакта пути и подвижного состава давление рассредоточивается на все большую площадь и на земляное полотно уже передается почти равномерное давление примерно $0.8 \cdot 10^2$ кПа.

Основным назначением бал-

ластного слоя является восприятие давления от шпал и равномерное распределение его по основной площадке земляного полотна, сохранение устойчивости шпал под действием вертикальных и горизонтальных сил, обеспечение упругости подрельсового основания и возможности выправки рельсо-шпальной решетки в плане и профиле.

Балластный спой не должен задерживать на своей поверхности воду, предохранять основную площадку от переувлажнения. В качестве балласта используют сыпучие, хорошо дренирующие упругие материалы: щебень, гравий, песок, отходы асбеста, ракушечник. Лучшим материалом для балласта является щебень из естественного камня, валунов и гальки. Однако щебень быстрее загрязняется различными сыпучими материалами (углем, торфом, рудой), просыпающимися на путь при перевозках. Для предохранения щебень укладывают на песчаную подушку.

Гравийный и гравийно-песчаный балласт дешевле щебня, меньше загрязняется, но менее устойчив к нагрузкам, хуже пропускает воду и смерзается в зимнее время.

Асбестовый балласт - это отходы асбестового производства в виде мелких свободных волокон асбеста и раздробленных горных пород, при достаточно высокой несущей способности, малой засоряемости, сильно пылит при высоких скоростях движения и недостаточно устойчив против размыва ливневыми дождями.

Песчаный балласт является наихудшим, поэтому его применяют только на малодеятельных линиях, и в качестве подушки под щебеночный и асбестовый балласт.

Балластный слой укладывают в виде призмы, с откосами крутизной, как правило, 1:1,5 и шириной верхней части, которую устанавливают техническими условиями.

4.3 Рельсы, скрепления, шпалы, стрелочные переводы

Рельсы для надежной работы должны быть достаточно прочными, долговечными, износоустойчивыми, и в то же время нехрупкими, так как они воспринимают ударно-динамическую нагрузку. Материалом для рельсов служит высокопрочная углеродистая сталь. В зависимости от массы и поперечного профиля рельсы подразделяют на типы Р50, Р65 и Р75. Буква Р, означает «рельс», а цифра - округленную массу 1 м в килограммах. До 1962 г. в путь укладывали также рельсы типа Р43.

Поскольку основное воздействие на рельс в нормальных условиях движения оказывает вертикальная нагрузка, стремящаяся изогнуть его, наиболее рациональной формой рельса считается двутавровая (рис. 4.8), имеющая одновременно и меньший расход металла. Основные размеры рельсов разных типов даны в табл. 4.2.

Выбор того или иного типа рельсов зависит от грузонапряженности линии, нагрузок и скоростей движения поездов. На линиях скоростного движения пассажирских поездов укладывают рельсы Р65. Рельсы выпускают стандартной длины 25 м. Кроме того, для укладки в кривых изготавливают укороченные рельсы длиной 24,92 и 24,84 м. В качестве уравни-

тельных рельсов при бесстыковом пути, а также при укладке стрелочных переводов используют рельсы прежней стандартной длины (12,5 м) и укороченные (12,46; 12,42 и 12,38м).

Таблица 4.2.

Основные размеры рельсов

Тип рельса	Масса, кг/м	Размеры, мм					
		Высота			Ширина головки понизу	Толщина шейки	Ширина полошвы
		рельса	головки	подошвы			
P75	74,41	192	55,3	32,3	75	20	150
P65	64,72	180	45	30	75	18	150
P50	51,67	152	42	27	72	16	132

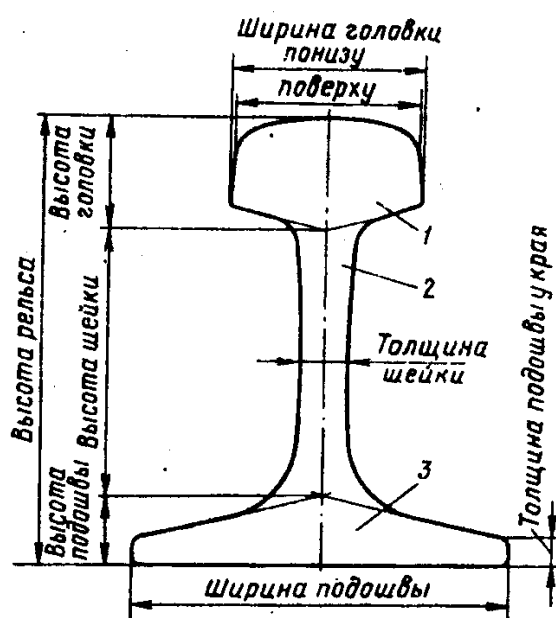


Рис. 4.8. Профиль рельса:
1 – головка рельса; 2 – шейка;
3 – подошва

Сроки службы рельсов измеряют количеством проследовавшего по ним тоннажа.

Повышение сроков службы рельсов достигают комплексом взаимосвязанных мероприятий: увеличением массы рельсов, повышением качества рельсовой стали, ее термоупрочнением и легированием, совершенствованием поперечных профилей, применением бесстыкового пути, шлифовки поверхности катания и смазки боковой рабочей грани головки в кривых. Рельсы крепят к шпалам с помощью промежуточных креплений, которые должны обеспечивать надежную и упругую связь со шпалами, сохранять постоянство ширины колеи, не допускать продольного смещения и опрокидывания рельсов. При железобетон-

ных шпалах они должны, кроме того, обеспечивать электрическую изоляцию рельсов и шпал, так как на участках с автоблокировкой рельсы используют в качестве проводников сигнального тока, а при электротяге как проводники обратного тока. Промежуточные крепления бывают трех основных видов: нераздельные, смешанные и раздельные. При нераздельном креплении (рис. 4.9) рельс и подкладки, на которые он опирается, крепятся к шпалам одними и теми же костылями или шурупами, при смешанном креплении подкладки, кроме того, крепятся к шпалам дополнительными костылями. Смешанное костыльное крепление с подкладками, имеющими уклон 1:20 широко распространено на дорогах нашей страны. Его преимуществами являются простота конструкции, небольшая масса, срав-

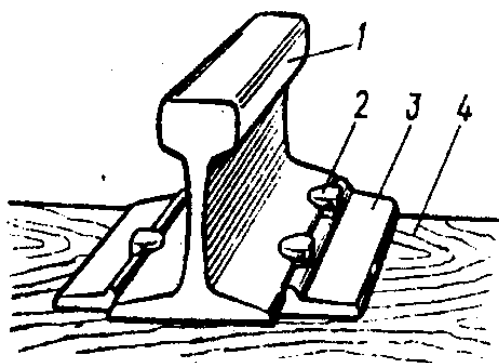


Рис. 4.9. Промежуточные костыльные крепления для деревянных шпал: 1 – рельс; 2 – костыль; 3 – подкладка; 4 – шпала

нительная легкость зашивки, перешивки и разборки пути. Однако такое крепление не гарантирует постоянства ширины колеи и вызывает механический износ шпал.

При раздельном креплении рельс крепится к подкладкам жесткими или упругими клеммами и клеммными болтами, подкладки к шпалам – болтами или шурупами. Достоинствами этого крепления являются смена рельсов без снятия подкладок, большое сопротивление действующим продольным силам, обеспечение постоянства ширины колеи. Это крепление несколько дороже и сложнее по конструкции, но не

требует дополнительного закрепления пути от угона и дает снижение эксплуатационных расходов по сравнению с другими видами креплений.

Соединение рельсовых звеньев между собой осуществляется с помощью стыковых креплений, основными элементами которых являются накладки, болты с гайками и пружинные шайбы. Стыковые накладки предназначены для соединения рельсов и восприятия в стыке изгибающих и поперечных сил. Двухголовые накладки изготавливают из высокопрочной стали и подвергают закалке. Болты, как и накладки, должны обладать высокой прочностью. Под их гайки для обеспечения постоянного натяжения подкладывают пружинные шайбы. На линиях с автоблокировкой на границах участков устраивают изолирующие стыки, чтобы электрический ток не мог пройти от одного из соединяемых рельсов к другому. Существует два типа изолирующих стыков: с металлическими объемлющими накладками и клееболтовые. В стыках первого типа изоляцию обеспечивают постановкой прокладок и втулок из фибры, текстолита или полиэтилена. В стыковом зазоре также ставится прокладка из текстолита или трикопа, имеющая очертания рельса. В последнее время все шире применяют клееболтовые стыки, в которых металлические стыковые накладки, изолирующие прокладки из стеклоткани и болты с изолирующими втулками склеивают эпоксидным клеем с концами рельсов в монолитную конструкцию.

Под действием сил, возникающих, в особенности, при торможении на затяжных спусках, может происходить продольное смещение рельсов по шпалам или вместе со шпалами по балласту, называемое угоном пути. На двухпутных участках угон происходит по направлению движения поездов, на однопутных угон двусторонний. Наилучшим способом предотвращения угона пути является применение щебеночного балласта и раздельных промежуточных креплений, обеспечивающих сопротивление продольному смещению рельсов и не требующих дополнительных закреплений.

При нераздельном и смешанном креплениях для предотвращения угона пути применяют противоугоны. Стандартные противоугоны – пружинные

(рис. 4.10), в виде скобы, защемляемой на подошве рельса и упирающуюся в шпалу. Самозаклинивающийся противоугол состоит из скобы и клина с упором, который прижимается к шпале и при смещении рельса заклинивается все сильнее. Пружинные противоугоны легче клиновых, состоят из одной детали, хорошо работают как на однопутных, так и на двухпутных линиях, уход за ними требует меньший затрат рабочей силы. Противоугоны устанавливают от 18 до 44 пар на 25-метровом звене.

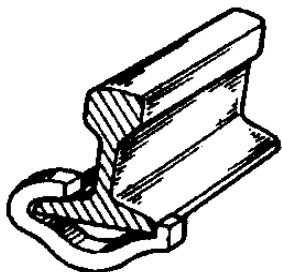


Рис. 4.10.
Противоугоны

С начала 50-х годов на железных дорогах все шире внедряется бесстыковой путь, являющийся наиболее прогрессивной и совершенной конструкцией. За счет устранения стыков снижается динамическое воздействие на путь, существенно уменьшается износ колес подвижного состава и сопротивление движению поездов, что сокращает расход топлива и электроэнергии на тягу поездов. Резкое сокращение числа стыковых скреплений за счет сварки отдельных звеньев в плети дает экономию металла до 1,8 т на каждый километр пути, позволяет снизить расходы на содержание и ремонт пути. Срок службы рельсов бесстыкового пути возрастает примерно на

20 % по сравнению со стыковым, деревянных шпал - на 8÷13 %, балласта (до очистки) - на 25 %, а затраты труда на текущее содержание пути снижаются на 10÷30%.

Для бесстыкового пути рельсовые плети изготавливают, как правило, из термически упрочненных рельсов Р65 или Р75 стандартной длины, не имеющих болтовых отверстий. Сваривают рельсы электроконтактным способом на стационарных или передвижных контактно-сварочных машинах.

Длина сварных плетей на сети железных дорог РФ обычно принимается не более 800 м, что соответствует длине составов специальных поездов из платформ, оборудованных роликами, которыми плети доставляются на перегон. При необходимости длину плетей увеличивают до 950 м, для чего к плети длиной 800 м на месте укладки приваривают плеть длиной 150 м. Минимальная длина рельсовых плетей равна 250 м, однако при техническом обосновании и в коротких тоннелях применяют и более короткие плети, но не менее 150 м.

Между сварными плетями укладывают две - четыре пары уравнительных рельсов длиной 12,5 м или переменной длины (12,5; 12,46; 12,42; 12,38 м) для возможности сезонной регулировки длины плетей перед летними и зимними периодами. Весь комплект уложенных в путь уравнительных рельсов называется уравнительным пролетом. Для обеспечения необходимой прочности пути рельсовые стыки в уравнительных пролетах соединяют только шестидырными накладками и стыковыми болтами из стали повышенной прочности.

Одна из основных особенностей бесстыкового пути состоит в том, что хорошо закрепленные рельсовые плети при повышении или понижении температуры не могут изменять свою длину. Из-за этого в них возни-

кают значительные продольные растягивающие или сжимающие силы, достигающие 100÷200 кН, которые в жаркую погоду могут привести к выбросу пути в сторону, а в сильный мороз - к излому плети с образованием опасного зазора. Поэтому бесстыковой путь обычно укладывают на железобетонных шпалах с отдельным креплением и щебеночном балласте. Балластную призму тщательно уплотняют.

Существует два способа эксплуатации бесстыкового пути. Первый способ, являющийся наиболее эффективным и широко применяемым, предусматривает закрепление рельсов на постоянный температурный режим эксплуатации. Второй способ, применяемый при больших перепадах температур по сезонам года, предусматривает сезонные разрядки температурных напряжений с закреплением плетей два раза в год: на летний и зимний режимы. При этом ослабляют крепления рельсов со шпалами, начиная от концов плети, и снимают уравнильные рельсы. Снятие напряжения в плетях сопровождается удлинением или укорочением их, после чего укладываются новые уравнильные рельсы длиннее или короче прежних.

Для повышения эффективности бесстыкового пути стремятся к сокращению числа уравнильных пролетов, на содержание которых уходит до 25 % всех затрат на его эксплуатацию, за счет укладки плетей сверхнормативной длины (более 950 м). После многолетних опытов с 1986 г. разрешена укладка таких плетей с соблюдением ряда дополнительных требований к их изготовлению и эксплуатации.

Применение бесстыкового пути особенно эффективно на участках скоростного движения поездов, где к верхнему строению пути предъявляются повышенные требования. Особое внимание при этом уделяется предотвращению и устранению волнообразного износа поверхности катания рельсов, который ликвидируется шлифовкой их специальными рельсошлифовальными поездами. Путь надежно закрепляют от угона. При смешанном креплении рельсы крепят на каждом конце шпалы пятью костылями.

Шпалы являются основным видом подрельсовых оснований, к которым крепятся рельсы и обеспечивается постоянство ширины колеи. Помимо шпал, к подрельсовым основаниям относятся мостовые и переводные брусья, отдельные опоры в виде полушпал, а также сплошные опоры в виде плит и рам. Шпалы должны быть прочными, упругими, дешевыми и обладать достаточным сопротивлением электрическому току.

Материалом для шпал служит дерево, железобетон, металл. Около 90% всех шпал на железных дорогах мира составляют деревянные, пропитанные масляными антисептиками. Достоинством таких шпал является относительно малый вес, упругость, простота изготовления, удобство крепления рельсов, высокое сопротивление токам рельсовых цепей. Недостатком является сравнительно небольшой срок службы (15-18 лет) и значительный расход деловой древесины (сосна, ель, пихта, лиственница, реже кедр, бук, береза).

Поперечное сечение деревянных шпал имеет два вида: обрезные А, опиленные с 4-х сторон, и брусковые В, имеющие опиленные поверхности только сверху и снизу (рис. 4.11).

Начиная с 1957 года на железных дорогах бывшего СССР получили широкое применение железобетонные шпалы с предварительно напряженной арматурой. Достоинством их является долговечность (40-50 лет), обеспечение устойчивости пути, плавность движения поездов, что объясняется равноупругостью шпал. Применение железобетонных шпал бережет такой ценный материал как древесину, сохраняя при этом экологические условия.

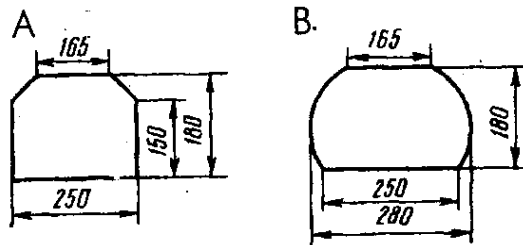


Рис. 4.11. Типы шпал

Недостатком железобетонных шпал является их большая масса, токопроводимость, высокая жесткость, сложность крепления к ним рельсов. Для повышения упругости пути при железобетонных шпалах под рельсы уклады-

вают амортизирующие прокладки. Во избежание утечки электрического тока рельсовые скрепления имеют специальную конструкцию с электроизоляционными деталями.

Порядок расположения шпал по длине рельсового звена называют эпюрой шпал. На железных дорогах РФ применяют 4 эпюры, соответствующие укладке 1440, 1600, 1840 и 2000 шпал на 1 км пути.

Для перехода подвижного состава с одного пути на другой служат стрелочные переводы. Пересечение путей осуществляется глухими пересечениями. С применением стрелочных переводов и глухих пересечений устраивают соединения путей, называемые стрелочными улицами и съездами.

В зависимости от назначения и условий соединения путей между собой стрелочные переводы подразделяют на одиночные, двойные и перекрестные. Одиночные переводы делятся на обыкновенные, симметричные и несимметричные.

Обыкновенный стрелочный перевод служит для соединения двух путей. Он может быть право- или левосторонним и применяется при отклонении бокового пути в ту или другую сторону. Этот вид переводов имеет наибольшее распространение. В состав стрелочного перевода входят собственно стрелка, крестовина с контррельсами, соединительная часть между ними и переводные брусья.

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

Остряки соединены поперечными стрелочными тягами, с помощью которых один из остряков плотно подводится к рамному рельсу, другой отходит от свободного рамного рельса на величину, необходимую для сво-

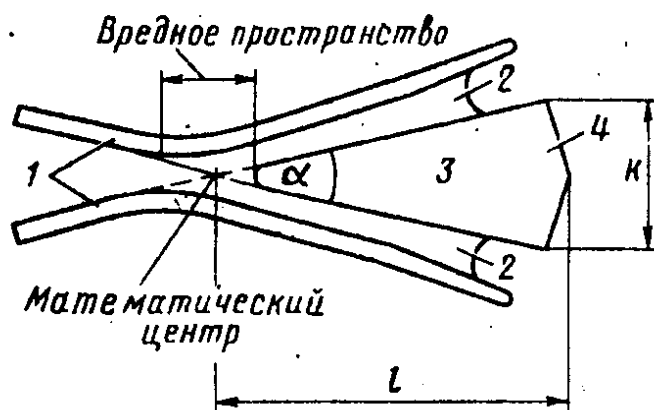


Рис. 4.12. Схема крестовины: 1 – усовики; 2 – желоба; 3 – сердечник; 4 – хвост крестовины

ют гребни колес в соответствующие желоба при проходе колесной пары по крестовине. Точку пересечения продолжения рабочих граней сердечника крестовины называют ее математическим центром, а самое узкое место между усовиками – горлом крестовины. Угол α , образуемый рабочими гранями сердечника, называют 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. Стрелочные переводы крепят с помощью специальных башмаков, подкладок, шурупов и костылей к переводным брусам или железобетонным плитам, которые укладывают на балластную призму.

Симметричный перевод (рис. 4.13) имеет те же основные элементы, что и обыкновенный, но благодаря меньшей длине острия, крестовины и переводной кривой позволяет значительно сократить длину соединения путей. Симметричные переводы применяют при разветвлении основного пути на два под одинаковым углом при укладке путей на станциях. Редко применяют разносторонние несимметричные переводы, имеющие разные углы отклонения обоих путей от основного.

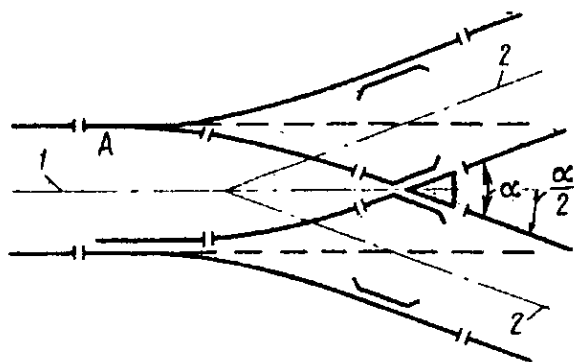


Рис. 4.13. Схема симметричного стрелочного перевода: 1 – ось прямого пути; 2 – ось бокового пути

бодного прохода гребней колес. Величину отхода этого острия от оси первой тяги называют шагом острия.

Тонкую часть острия называют острием, другой его конец – корнем. Корневое крепление обеспечивает поворот острия в горизонтальной плоскости и соединение с примыкающими к ним рельсами.

Крестовина (рис. 4.12) состоит из сердечника и двух усовиков. Она обеспечивает пересечение гребнем колес рельсовых головок, контррельсы направля-

ют гребни колес в соответствующие желоба при проходе колесной пары по крестовине. Точку пересечения продолжения рабочих граней сердечника крестовины называют ее математическим центром, а самое узкое место между усовиками – горлом крестовины. Угол α , образуемый рабочими гранями сердечника, называют 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. Стрелочные переводы крепят с помощью специальных башмаков, подкладок, шурупов и костылей к переводным брусам или железобетонным плитам, которые укладывают на балластную призму.

Симметричный перевод (рис. 4.13) имеет те же основные элементы, что и обыкновенный, но благодаря меньшей длине острия, крестовины и переводной кривой позволяет значительно сократить длину соединения путей. Симметричные переводы применяют при разветвлении основного пути на два под одинаковым углом при укладке путей на станциях. Редко применяют разносторонние несимметричные переводы, имеющие разные углы отклонения обоих путей от основного. Двойной перевод разветвляет основной путь на три направления. Такие переводы применяются в стесненных условиях. Перекрестный перевод дает возможность переходить подвижному составу с одного пути на другой в обоих направлениях.

Отношение ширины сердечника крестовины в ее корне K к длине сердечника l (см. рис. 4.12) называется маркой крестовины. Марка крестовины определяется следующим образом:

$$\frac{1}{N} = \frac{K}{l} = 2 \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} \approx \operatorname{tg} \alpha,$$

где α – угол крестовины;
 N – целое число.

Таблица 4.3

Марки крестовин

Пути, на которых расположены стрелочные переводы	Марка крестовины стрелочных переводов	
	обыкновенных	симметричных
Главные и приемо-отправочные пассажирские	Не круче 1/11*	-
Приемо-отправочные для грузового движения	Не круче 1/9	Не круче 1/6
Прочие	Не круче 1/8	Не круче 1/4,5

* - при проходе пассажирских поездов только по прямому пути допускается иметь переводы с маркой крестовины 1/9

В зависимости от назначения укладывают стрелочные переводы с марками крестовин, указанными в табл. 4.3. Все больше применяют стрелочный перевод марки 1/11 усиленной конструкции с гибкими острьями и литой крестовиной, допускающий движение поездов по прямому пути со скоростью до 160 км/ч. Существующие переводы пологих марок 1/18 и 1/22 применяют на маршрутах следования поездов при отклонении их с главного пути на боковое направление. При этом скорость движения по боковому пути составляет соответственно 80 и 120 км/ч.

На линии Москва - С.-Петербург используют стрелочные переводы типа Р65 марки 1/11, предназначенные для движения пассажирских поездов по прямому пути со скоростью 200 км/ч.

Другим распространенным устройством для соединения путей являются съезды. В зависимости от расположения соединяемых путей съезды бывают обыкновенные, перекрестные и сокращенные.

Обыкновенный съезд состоит из двух одиночных стрелочных переводов и соединительного пути, укладываемого между корнями их крестовин. Перекрестный или двойной съезд представляет собой пересечение двух одиночных съездов. Он имеет четыре стрелочных перевода и глухое пересечение, размещенное между корнями крестовин. Сокращенные съезды применяют при соединении двух далеко отстоящих друг от друга путей для уменьшения общей длины соединения.

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. Они состоят из четырех крестовин с контррельсами, из которых две крестовины острые и две тупые.

Путь, на котором последовательно расположены стрелочные пере-

воды, ведущие на параллельные пути, называют стрелочной улицей. Это устройство дает возможность перемещать подвижной состав на любой из соединяемых путей.

4.4 Понятие об устройстве рельсовой колеи

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

Расстояние между внутренними гранями головок рельсов называют шириной колеи. Ширина складывается из расстояния между колесами (1440 мм), двух толщин гребней (от 25 до 33 мм) и зазоров между колесами и рельсами, для свободного прохождения колесных пар. Ширина нормальной (широкой) колеи в прямых и кривых участках пути с радиусом более 349 м принята в РФ 1520 мм с допусками в сторону уширения 6 мм и в сторону сужения 4 мм.

В соответствии с ПТЭ верх головок рельсов обеих нитей пути на прямых участках должен быть в одном уровне.

В кривых участках устройство пути имеет ряд особенностей, основными из которых являются: возвышение наружного рельса над внутренним, наличие переходных кривых, уширение колеи при малых радиусах, укладка укороченных рельсов на внутренней рельсовой нити, усиление пути, увеличение расстояния между осями путей на двух- и многопутных линиях.

Возвышение наружного рельса предусматривают при радиусе кривой 4000 м и менее для того, чтобы нагрузка на каждую рельсовую нить была примерно одинаковой с учетом действия центробежной силы.

Известно, что при следовании подвижного состава по кривой радиусом R возникает центробежная сила:

$$I = \frac{mv^2}{R} = \frac{Gv^2}{gR},$$

где m - масса;

G - масса единицы подвижного состава;

g - ускорение силы тяжести.

При возвышении наружного рельса на величину h появляется составляющая сила веса H , направленная внутрь кривой. На рис. 4.14 видно, что $H/G = h/s_l$, откуда $H = Gh/s_l$.

Для одинакового давления на рельсовые нити необходимо, чтобы H уравнивала I , тогда равнодействующая N будет перпендикулярна на-

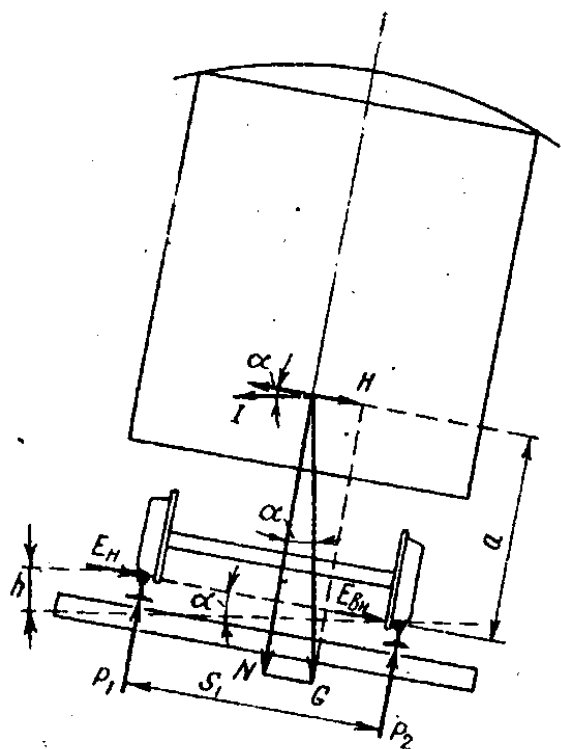


Рис. 4.14. Схема сил, действующих на подвижной состав в кривой при возвышении наружного рельса

клонной плоскости пути.

Учитывая, что угол α мал и при максимальном допуске возвышении наружного рельса 150 мм $\cos \alpha = 0,996$, можно принять, что $H \approx l$. Тогда

$$\frac{Gv^2}{gR} = G \frac{h}{S_1},$$

откуда искомое $h = S_1 v^2 / gR$.

Подставляя $S_1 = 1,6$ м, $g = 9,81$ м/с² и выражая скорость v в км/ч, а радиус R в м, получим возвышение в мм

$$h = 12.5 v^2 / R.$$

Поскольку в реальных условиях по кривым проходят поезда разной массы Q_i и с различными скоростями V_i , то для равномерного износа рельсов в приведенную формулу подставляют среднюю квадратическую скорость

$$v_{cp} = \sqrt{\frac{\sum Q_i v_i^2}{\sum Q_i}}.$$

При $h = 12.5 v_{cp}^2 / R$ в поездах следующих со скоростями выше V_{cp} , на пассажиров будет действовать непогашенное ускорение, равное разнице между центробежным ускорением v^2 / R и направленным к центру кривой ускорением gh / S_1 .

На дорогах РФ допускаемое непогашенное ускорение составляет 0,7 м/с² и лишь в исключительных случаях 0,9 м/с². При движении поездов со скоростью менее V_{cp} нагрузка на внутренний рельс будет больше, чем на наружный.

Устройство переходных кривых связано с необходимостью плавного сопряжения кривой с примыкающей прямой как в плане, так и в профиле во избежание возможных ударов колес о рельсы.

Уширение колеи производится для обеспечения вписывания подвижного состава в кривые.

Установлены следующие нормы ширины колеи в кривых:

при $R > 350$ м - 1520 мм;

при $R = 349 \div 300$ м - 1530 мм;

при $R < 299$ м - 1535 мм.

4.5 Искусственные сооружения, их виды и назначение

Искусственные сооружения предназначены для пересечения железной дорогой водных преград, других железных и автодорог, глубоких ущелий, горных хребтов, застроенных городских территорий, а также для обеспечения безопасного перехода людей через пути и устойчивости земляного полотна в сложных условиях.

К искусственным сооружениям относятся мосты, тоннели, трубы, подпорные стены, регулиционные сооружения, дюкеры, галереи, селеспуски и др. При пересечении железной дорогой рек, каналов, ручьев, овра-

гов сооружаются мосты или трубы. Разновидностями мостов являются путепроводы, виадуки, эстакады.

Путепроводы строят в местах пересечения железных и автомобильных дорог или двух железнодорожных линий. Они обеспечивают независимый и безопасный пропуск транспорта на пересечении дорог в разных уровнях.

Виадуки сооружают вместо высокой обычной насыпи при пересечении железной дорогой глубоких долин, оврагов и ущелий.

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. При пересечении горных хребтов вместо глубоких выемок сооружают *тоннели*. Для безопасного перехода людей через железнодорожные пути на станциях и остановочных пунктах пригородных поездов предусматриваются пешеходные мосты или тоннели.

Для обеспечения устойчивости откосов земляного полотна на крутых косогорах, берегах рек и морей служат подпорные стены, а при подходах к большим мостам для защиты их опор от подмыва при паводках и повреждения льдом — регуляционные сооружения.

В горах в местах возможных обвалов, сооружают специальные *галереи*, а в местах, возможных грязекаменных (селевых) потоков, — *селеспуски*. При необходимости пропуска через путь потока воды (водовода) устраивают *дюкеры*, представляющие собой два колодца, расположенных с обеих сторон железнодорожного пути, соединенных трубой.

Наиболее распространенными видами искусственных сооружений являются мосты и трубы (более 92 %). Искусственные сооружения по протяженности составляют в среднем менее 1,5 % общей длины пути, однако доля их в стоимости железной дороги равна почти 10 %, поэтому их рассчитывают на длительный срок службы.

Мост (рис. 4.15) состоит из пролетных строений, являющихся основанием для пути, и опор, поддерживающих пролетные строения и пере-

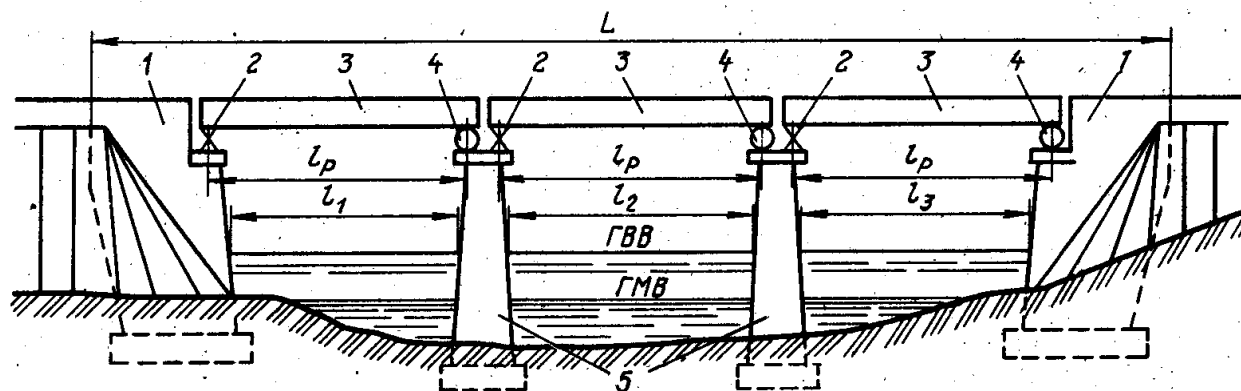


Рис. 4.15. Схема моста: 1 — устои; 2 — неподвижные опорные части; 3 — пролетные строения; 4 — подвижные опорные части; 5 — «быки»; L — полная длина моста; l_p — расчетные пролет; $l_1+l_2+l_3$ — отверстие моста; $ГВВ$ — горизонт высоких вод; $ГМВ$ — горизонт меженных (средних) вод

дающих давление на грунт. Мост вместе с подходами, укрепительными и регуляционными сооружениями и подмостовым руслом реки составляет мостовой переход. Береговые опоры моста называют устоями, а промежуточные — «быками». Опорами мост разделяется на пролеты. Опоры состоят из фундамента и видимой части (тела) и бывают монолитными или сборными. Фундаменты опор могут сооружаться при неглубоком расположении прочных грунтов на естественном основании, а при слабых грунтах — на сваях.

Пролетные строения опираются на опоры через опорные части, которые позволяют пролетному строению несколько поворачиваться и продольно перемещаться при изменениях температуры и изгибе под нагрузкой. При этом с одной стороны пролета устанавливают неподвижные, а с противоположной - подвижные опорные части.

Расстояние между центрами опорных частей называется *расчетным пролетом*. Число и размеры этих пролетов выражают схему моста. Например, запись $33+2\times 66+27$ означает, что мост имеет одно пролетное строение расчетным пролетом 33 м, два по 66 м и одно 27 м. Пролетное строение состоит из главных ферм, связей между ними, проезжей части и мостового полотна. Главные фермы воспринимают нагрузку от подвижного состава и передают ее на опоры. Они могут быть со сплошными стенками или сквозными фермами. В фермах различают верхний и нижний пояса, к одному из которых прикрепляют поперечные балки, а к ним - продольные балки, образующие проезжую часть. Если проезжая часть располагается на уровне верхнего пояса, мост называют с *ездой поверху*, если на уровне нижнего, - с *ездой понизу*; кроме того, может быть конструкция моста с *ездой посередине*.

На продольные балки, а в небольших мостах со сплошными стенками на главные фермы укладывается мостовое полотно, которое обычно состоит из мостовых и охранных брусьев или сплошных плит, а также рельсов и креплений, настила, перил и уравнильных приборов (на больших мостах). В необходимых случаях на мостах устраивают тротуары, огражденные перилами, площадки-убежища, освещение, связь, специальные смотровые и противопожарные приспособления, помещения для охраны и обслуживающего персонала.

Основными параметрами моста являются длина, высота, отверстие моста, грузоподъемность. *Длиной* моста называется расстояние между задними гранями его устоев, а *высотой* - расстояние от подошвы рельса до горизонта низких вод. *Отверстием* моста называется расстояние в свету между внутренними гранями устоев однопролетного моста, или сумма таких расстояний между всеми опорами многопролетного моста на уровне расчетного горизонта воды. *Грузоподъемностью* моста называется наибольшая нагрузка, которую он может выдержать при условии обеспечения безопасности движения поездов. Параметры мостов определяются шириной водной преграды, колебаниями уровня воды, заданной нормой массы поездов.

В зависимости от длины, числа пролетов, конструкции и материала,

пролетного строения, числа путей и способа передачи давления на опоры мосты классифицируются следующим образом:

по числу пролетов - одно-, двух- и трехпролетные и т. д.;

по числу главных путей - одно-, двух- и многопутные;

по конструкции пролетного строения - с ездой понизу, поверху и посередине;

по материалу - каменные, металлические, железобетонные, деревянные;

по длине - малые (до 25 м), средние (25 - 100 м), большие (100 - 500 м) и внеклассные (более 500 м);

по способу передачи давления на опоры (статическая схема) - балочные, арочные, рамные, висячие, вантовые, комбинированные.

В балочных и вантовых мостах пролетное строение передает на все опоры только вертикальное давление, благодаря чему опоры имеют сравнительно легкие конструкции. В мостах других статических схем береговые опоры работают под более сложным воздействием сил, поэтому их строят массивными и не дающими просядок.

Одной из важнейших задач при проектировании мостов является выбор материала пролетного строения.

Деревянные мосты широко применялись в первый период строительства железных дорог, а также в годы Великой Отечественной войны при временном восстановлении. Достоинствами этих мостов являются простота конструкций, возможность использования местных материалов, быстрота сооружения и дешевизна. Однако они недолговечны, опасны в пожарном отношении, сложны в содержании и поэтому в настоящее время могут быть допущены лишь в отдельных случаях на малодеятельных ветвях и подъездных путях. *Каменные* мосты долговечны, малочувствительны к увеличению массы поездов, требуют небольших затрат на содержание и могут сооружаться из местных материалов. Вместе с тем строительство этих мостов весьма трудоемко, допускаемая длина пролетов ограничена, они имеют большую собственную массу и требуют значительного расхода материала, поэтому каменные мосты в настоящее время не строятся.

Металлические мосты составляют около 70 % общей протяженности всех мостов на железных дорогах сети. Широкое распространение их объясняется высокой прочностью при сравнительно малой массе, возможностью применения однотипных деталей, изготавливаемых промышленным методом, высокой степенью механизации работ по сборке моста и сравнительно большим сроком службы (до 80 лет). Металлические мосты особенно экономичны при пролетах более 33 м. Основными недостатками этих мостов являются большой расход металла и необходимость тщательного ухода для предотвращения коррозии; во избежание ее производится периодическая окраска пролетных строений.

Железобетонные мосты являются более долговечными, чем металлические, требуют меньше металла и расходов на содержание, менее чувствительны к увеличению массы поездов. Они также позволяют изго-

товлять фермы в заводских условиях, а сборку моста производить на месте с широким использованием механизмов. Однако большая масса пролетных строений усложняет строительно-монтажные работы и требует более мощных опор. Поэтому железобетонные мосты являются основным типом малых мостов, а при средних и больших пролетах выбор материала - железобетона или металла - производится на основе технико-экономических расчетов.

Тоннель представляет собой искусственное сооружение для прокладки пути под землей. Транспортные тоннели по их месторасположению разделяют на горные, подводные и городские.

Конструкция пути на мостах и в тоннелях имеет ряд особенностей. На металлических мостах рельсовый путь обычно делают без балласта на деревянных брусках, уложенных на расстоянии 10 - 15 см друг от друга. Бруска крепят болтами к продольным балкам. Для удержания подвижного состава в случае схода его с рельсов на существующих мостах снаружи колеи имеются деревянные охранные бруска, а внутри - контррельсы (рис. 4.16, а). На строящихся мостах для этой цели используют металлические охранные уголки специального профиля (рис. 4.16, б).

На мостах с большими металлическими пролетными строениями укладывают путь на металлических поперечинах. На ряде металлических мостов и, в частности, на мосту через р. Амур на БАМе применена конструкция пути на сплошных железобетонных плитах (рис. 4.16, в), дающая сокращение затрат на содержание мостового полотна.

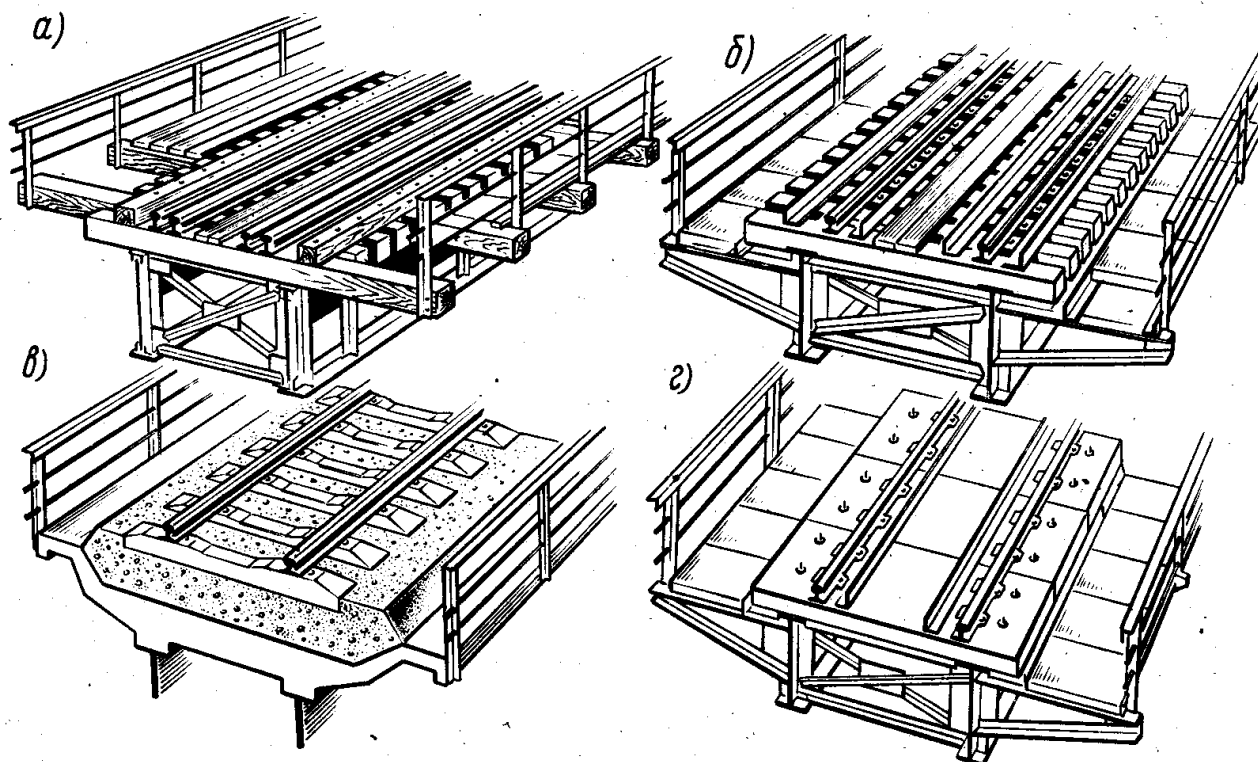


Рис. 4.16. Конструкция пути на постоянных мостах

На каменных, бетонных и железобетонных мостах, а также на путепроводах, расположенных в пределах станции, путь устраивают на щебеночном балласте и обычных шпалах, для чего на мосту устраивают корыто (рис. 4.16, в) шириной поверху на однопутных линиях не менее 3,6 м, а на двухпутных - не менее 7,7 м. Толщину щебеночного балласта на мостах и путепроводах принимают, как правило, не менее 25 см. Путь на балласте безопасен в пожарном отношении, дешевле, чем на мостовых брусках, удобнее в эксплуатации, легко выправляется в плане и профиле, однако он значительно тяжелее.

На подходах к мостам независимо от рода балласта, принятого на данной линии, путь с обеих сторон укладывают на щебеночном балласте, что повышает устойчивость пути и уменьшает засорение пылью конструкций моста при движении поездов. На подходах к безбалластным мостам путь полностью закреплен от угона; на самих мостах противоугоны ставят как исключение. На больших металлических мостах во избежание разрыва стыков при температурных изменениях длины пролетных строений устанавливают специальные приборы, обеспечивающие взаимное смещение остряка и рамного рельса.

Путь в тоннелях рекомендуется делать на железобетонных шпалах с эпюрой на одну ступень выше, чем на подходах. На протяженности 200 м с каждой стороны перед тоннелем и в самом тоннеле путь должен быть на щебеночном балласте толщиной не менее 25 см. Путь в тоннеле может быть и на жестком бетонном основании со скреплениями раздельного типа с прокладками-амортизаторами. При длине тоннеля более 300 м обычно применяют бесстыковой путь.

На мостах и тоннелях не допускается применение разных типов рельсов, переходных стыков и рельсовых рубок. При грузонапряженности линии до 10 млн. ткм/км на мостах и в тоннелях используют рельсы Р50, а при большей грузонапряженности - Р65.

Для безопасного движения транспорта предусматриваются специальные пересечения автомобильных и железных дорог в одном и разных уровнях. В первом устраиваются переезды, а во втором - путепроводы.

Переезды располагают, как правило, на прямых участках пути и под прямым углом для обеспечения лучшей видимости. На переездах укладывают настил, подъезды к ним ограждают столбиками или перилами, а при интенсивном пешеходном движении устраивают и пешеходные дорожки.

В зависимости от интенсивности движения автомобилей и числа пересекаемых железнодорожных путей переезды делятся на четыре категории и могут быть регулируемые и нерегулируемые. К регулируемым относятся переезды, на которых движение автотранспорта регулируется устройствами переездной сигнализации или дежурным работником.

Регулируемые переезды подразделяются на охраняемые и неохранные, а охраняемые, в свою очередь, могут быть со шлагбаумами и без шлагбаумов.

Переезды I и II категорий должны быть оборудованы автоматической сигнализацией (светофорной или оповестительной). Переезды III и IV ка-

тегорий оборудуются сигнализацией в зависимости от интенсивности и скорости движения поездов, транспортных средств и условий видимости в соответствии с инструкцией МПС.

На электрифицированных железных дорогах переезды с обеих сторон имеют габаритные ворота высотой проезда на более 4,5 м (для безопасного прохода нагруженных автомобилей под контактным проводом). Переезды, обслуживаемые дежурным работником, должны иметь прямую телефонную или радиосвязь с ближайшей станцией или постом, а на участках с диспетчерской централизацией - с поездным диспетчером. Категории переездов и порядок оборудования их заградительной сигнализацией, шлагбаумами и освещением устанавливаются ОАО «РЖД».

Путепроводы через главные пути, в первую очередь, устраивают в тех случаях, когда поезда движутся с высокими скоростями или имеются четыре и более главных путей, а также когда на пересекаемых автомобильных дорогах существует трамвайное, троллейбусное и интенсивное автобусное движение.

5. ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ

5.1 Системы тяги и тягового электроснабжения

Общие сведения. На железных дорогах нашей страны две системы электрической тяги: постоянного тока напряжением 3 кВ и переменного тока напряжением 25 кВ промышленной частоты 50 Гц. Система тяги определяется родом тока и значением напряжения в тяговой сети. Для обеих названных систем тяги создан и эксплуатируется разнообразный электроподвижной состав (э.п.с.).

Одно и то же напряжение в тяговой сети при заданном роде тока можно получить несколькими способами, поэтому *различают системы тяги и системы тягового электроснабжения*, реализующие их. Под системой тягового электроснабжения понимают комплекс электротехнических устройств, предназначенных для получения напряжения, подаваемого в тяговую сеть.

В нашей стране используют три вида систем тягового электроснабжения: систему постоянного тока 3,3 кВ, систему однофазного переменного тока 25 кВ и систему однофазного переменного тока 2×25 кВ. Система тяги переменного тока 25 кВ реализуется при применении двух последних систем тягового электроснабжения. За рубежом (Канада, США, ЮАР) в последнее время нашла применение новая система тяги переменного тока 50 кВ промышленной частоты 50 Гц, действующая в системе тягового электроснабжения того же названия. В то же время в странах центральной и северной Европы (Германия, Швейцария, Швеция, Австрия, Норвегия) продолжается использование давно введенной системы тяги переменного тока напряжением 15 кВ пониженной частоты $16^{2/3}$ Гц. Эта система тяги реализуется в двух системах тягового электроснабжения пониженной частоты $16^{2/3}$ Гц: с вращающимися генераторами и преобразователями и со статическими преобразователями.

Ниже будут рассмотрены схемы участков железных дорог, электрифицированных по системам постоянного тока 3 кВ, переменного однофазного тока 25 кВ и пониженной частоты $16^{2/3}$ Гц. Предварительно напомним, что основным потребителем энергии в любой системе тягового электроснабжения является э.п.с., который может получить энергию, лишь подключившись к тяговой сети при условии, что в тяговую сеть уже подано напряжение. Поэтому, знакомясь со схемами электрифицированных участков железных дорог, будем, прежде всего, обращать внимание на то, каким образом в тяговую сеть подается напряжение и как оно формируется в системе тягового электроснабжения.

Принципиальная схема участка железной дороги, электрифицированной по системе постоянного тока 3 кВ (рис. 5.1,а).

На схеме приведен участок электрифицированной железной дороги длиной 20-25 км с двумя соседними тяговыми подстанциями / и //, расположенными вблизи ст. А и В.

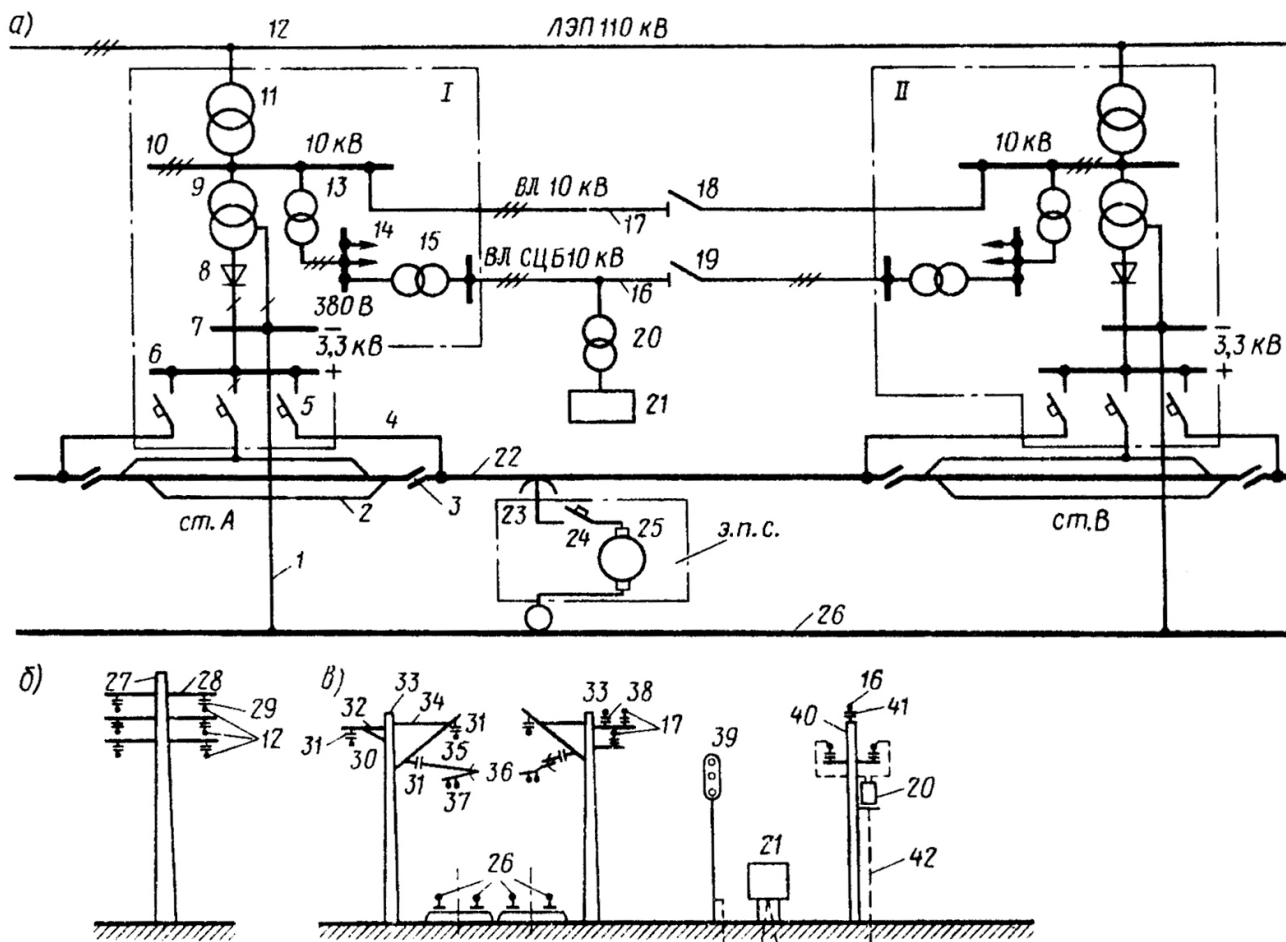


Рис. 5.1. Принципиальная схема участка железной дороги, электрифицированной по системе постоянного тока 3 кВ (а), разрезы по ЛЭП 110 кВ (б) и двухпутному участку дороги (в)

К линии электропередачи (ЛЭП) трехфазного переменного тока 110 кВ 12 подключен понижающий трансформатор тяговой подстанции 11. Этим трансформатором первичное напряжение 110 кВ понижается до 10 кВ и подается на шины 10 распределительного устройства тяговой подстанции. К этим шинам подключен преобразовательный агрегат, состоящий из преобразовательного трансформатора 9 и выпрямителя 8. Пониженное до 3 кВ напряжение на выходе преобразовательного трансформатора 9 выпрямляется и подается на шины «плюс» 6 и «минус» 7 тяговой подстанции.

Тяговая сеть перегона между подстанциями образована контактной сетью 22 и рельсами 26. Контактная сеть 22 питающей линией (фидером контактной сети) 4 через выключатель 5 соединена с шиной «плюс» 6, а рельсы 26 питающей линией (рельсовым фидером) 1 с шиной «минус» 7 тяговой подстанции. Таким образом, если будет включен выключатель 5 фидера контактной сети (на схемах, согласно ГОСТ 2.755-87 все выключатели показаны в начальном отключенном положении), то в тяговую сеть перегона, т. е. между контактной сетью 22 и рельсами 26, будет подано выпрямленное напряжение 3,3 кВ постоянного тока. Подняв на э.п.с. токоприемник 23 и включив выключатель 24, машинист соберет цепь

тока через тяговые двигатели 25, и э.п.с., потребляя энергию, начнет двигаться. Через другие фидеры и выключатели тяговой сети с шиной «плюс» 3,3 кВ соединены: контактная сеть 2 станции А и контактная сеть перегона слева от станции. Участки контактной сети перегона 22 и станции 2 отделены друг от друга изолирующим сопряжением - воздушным промежутком 3, который, однако, обеспечивает непрерывный токосъем с контактной сети при проходе по нему токоприемника э.п.с.

Аналогичным образом на этот же участок тяговой сети 22, 26 подается напряжение 3,3 кВ постоянного тока с подстанции //. Тем самым обеспечивается двусторонний подвод электрической энергии к э.п.с. или, как говорят, его двустороннее питание. Рассмотрим другие, вспомогательные, линии электроснабжения участка. Чтобы обеспечить электрической энергией собственные нужды тяговой подстанции, а именно питать цепи управления, сигнализации, освещения, отопления и моторную нагрузку самой тяговой подстанции, на ней устанавливают трансформатор собственных нужд (ТСН) 13. Он понижает напряжение до 380/220 В переменного тока. Этими напряжениями и питаются цепи собственных нужд 14 (на схеме стрелки, отходящие от шин 380/220 В).

Вдоль трассы железной дороги расположено много нетяговых железнодорожных потребителей электрической энергии. К ним относятся установки, принадлежащие всем службам дороги, механизмы и инструменты, для работы которых необходима электроэнергия, а также освещение станций, переездов и других объектов. Кроме того, электрической энергией снабжаются некоторые промышленные предприятия, колхозы, совхозы и т.д., расположенные по обе стороны железной дороги. Для питания всех перечисленных потребителей вдоль трассы железной дороги проложена трехфазная воздушная линия (ВЛ) 10 кВ 17, подключенная к шинам 10 кВ 10 двух соседних подстанций I и II. В середине межподстанционной зоны ВЛ секционирована разъединителем 18, который нормально отключен. Благодаря этому каждая из подстанций питает только часть нетяговых потребителей, находящихся в межподстанционной зоне. При отключении любой из подстанций разъединитель 18 включают и тогда все нетяговые потребители питаются от одной, неотключенной подстанции.

Ответственные потребители электроэнергии - устройства СЦБ (сигнализации, централизации, блокировки) и связи, которые расположены вдоль трассы железной дороги. Относящиеся к этим устройствам светофоры всем хорошо знакомы. Они получают питание от путевых ящиков СЦБ 21 через отдельный понижающий трансформатор 20, который в свою очередь получает питание от трехфазной ВЛ СЦБ 10 кВ, трасса которой проходит вдоль железной дороги. Напряжение в эту линию подается от повышающего трансформатора 15, подключенного к шинам 380/220 В собственных нужд 14 тяговой подстанции. ВЛ СЦБ также подключена к обеим подстанциям I и II и в середине межподстанционной зоны секционирована разъединителем 19. Благодаря этому устройства

СЦБ могут получать питание сразу от двух подстанций (при разомкнутом разъединителе 19) или от одной из них, когда другая отключена и включен разъединитель 19.

Рассмотрим устройство трехфазной ЛЭП 110 кВ 12. На опоре 27 (рис. 5.1,б) располагаются две трехфазные линии (цепи) 110 кВ, одна слева, другая справа. На металлических траверсах 28 укрепляются гирлянды изоляторов 29, к которым подвешиваются провода линии 12.

Рассмотрим разрез по двухпутному участку дороги (рис. 5.1, б) В нижней части рис. 5.1,в видны четыре рельсовые нити 26 железнодорожного пути двухпутного участка (см. также рис. 5.1,а). На опорах контактной сети 33 подвешены провода различного назначения: усиливающие провода – алюминиевые тросы 30 – через изоляторы 31 к траверсе 32 с полевой стороны опоры 33; на консоли 34 через изолятор 31 несущий трос 35; фиксатор 36, укрепленный через изолятор 31, удерживает два контактных провода 37, не позволяя им перемещаться поперек пути. Соединенные между собой во многих точках усиливающий провод 30, несущий трос 35 и контактные провода 37 и образуют собственно контактную сеть перегона 22 (см. рис. 5.1,а).

С полевой стороны другой опоры 33 контактной сети на специальных кронштейнах и штыревых изоляторах 38 крепится продольная трехфазная ВЛ 17 напряжением 10 кВ, о назначении которой сказано выше. Все светофоры 39 получают питание через путевой шкаф СЦБ 21 и кабель 42 от однофазного понижающего трансформатора 20, присоединенного к линии передачи СЦБ 10 кВ 16, проходящей вдоль железной дороги на собственных опорах 40. Провода ЛЭП СЦБ укреплены на штыревых изоляторах 41.

По системе постоянного тока напряжением 3 кВ в границах РФ электрифицировано свыше 19 тыс. км железных дорог и среди них самые грузонапряженные. В последние годы при электрификации железных дорог предпочтение отдавалось более совершенным системам 25 кВ или 2×25 кВ переменного тока промышленной частоты.

Принципиальная схема участка железной дороги, электрифицированной по системе переменного тока 25 кВ (рис. 5.2,а).

На схеме приведен участок электрифицированной железной дороги длиной 40-50 км с двумя тяговыми подстанциями I и II, расположенными вблизи станций А и В. К линии электропередачи 12 трехфазного переменного тока 110 кВ подключен понижающий трехобмоточный трансформатор 10 тяговой подстанции. Этим трансформатором первичное напряжение 110 кВ понижается до 25 кВ, а также до 35 или 10 кВ. Напряжение 25 кВ подается на шины 7, 8 и 9 (соответственно фазы b, a и c) и используется для питания тяговой сети, а напряжение 35 (или 10) кВ - на шины 11 и используется для питания прилегающего к подстанции района.

Для равномерной загрузки всех трех фаз системы внешнего электроснабжения (ей принадлежит ЛЭП 110 кВ) в тяговую сеть станции А и перегона слева от нее подается напряжение, отличающееся по фазе от

напряжения, подаваемого в тяговую сеть перегона справа. Для этого участки контактной сети указанных перегонов и станции, а также рельсы, присоединены к разным фазам шин 27,5 кВ: контактная сеть перегона 26 через фидер контактной сети 4 и выключатель 5 подключена к шине фазы *b*, контактная сеть станции 1 и перегона слева от нее – к шине фазы *a*, а рельсы через рельсовый фидер 6 – к шине фазы *c*. При таком подключении к шинам 27,5 кВ соединение контактной сети слева от станции А с контактной сетью станции токоприемниками движущегося э.п.с. 27 возможно, так как они присоединены к одной и той же фазе *a*. Соединение же контактной сети 1 станции и контактной сети 26 перегона справа от подстанции недопустимо, так как они присоединены к двум разным фазам *a* и *b*. Такое соединение приведет к короткому замыканию фаз *a* и *b* понижающего трансформатора 10. Поэтому участки контактной сети 1 станции и перегона слева от нее разделены воздушным промежутком 2, а станции и перегона справа - двумя воздушными промежутками 2 и нейтральной вставкой между ними 3. Наличие нейтральной вставки 3 исключает даже кратковременное замыкание фаз *a* и *b* трансформатора 10 токоприемниками э.п.с. при проходе ими этого участка тяговой сети.

Подача напряжения в тяговую сеть перегона происходит при включении выключателя 5 фидера контактной сети. После этого машинист э.п.с. может, подняв токоприемник 27 и включив выключатель 28, подать переменное напряжение на первичную обмотку понижающего тягового трансформатора 31. Напряжение на вторичной обмотке тягового трансформатора выпрямляется выпрямителем 32 и через сглаживающий реактор 29 подводится к тяговым двигателям 30. Через электродвигатели начинает протекать ток, который приводит их и э.п.с. в движение.

В тяговую сеть перегона между подстанциями напряжение подается от двух подстанций / и //. При этом обеспечивается двусторонний подвод энергии к э.п.с. Заметим, что для обеспечения двустороннего питания э.п.с. и равномерной загрузки фаз ЛЭП 110 кВ понижающие трансформаторы двух соседних подстанции / и // присоединены к ЛЭП 110 кВ неодинаково, а следуя специально разработанному правилу.

Рассмотрим другие вспомогательные линии электроснабжения участка. От шин тягового напряжения 27,5 кВ получают питание также нетяговые потребители. Для этого через выключатель 20 к шинам 7 и 8 подключают два провода, размещаемые на опорах контактной сети с полевой стороны. Понижающие трансформаторы потребителей 22 подключаются к этим проводам и рельсу. Такая система питания получила название ДПР (два провода - рельс). В середине линии ДПР установлен разъединитель 23. Нормально левая половина линии ДПР питается от подстанции /, а правая - от подстанции //, разъединитель 23 разомкнут. В случае необходимости (например, при отключении одной из подстанций) вся линия ДПР может получать питание от одной подстанции. При этом разъединитель 23 включается.

Энергию для собственных нужд тяговой подстанции (питание цепей управления, сигнализации, освещения, отопления, моторной нагрузки) получают от трансформатора собственных нужд (ТСН) 13 через шины собственных нужд 14 (на рис. 5.2,а нагрузки собственных нужд обозначены стрелками). От шин собственных нужд 14 через трансформатор 15 напряжение подается в линию 16, предназначенную для питания устройств СЦБ и связи. От этой линии через маломощные понижающие трансформаторы 18 и релейные шкафы СЦБ 19 питаются светофоры. В середине линии 16 установлен разъединитель 17. Это дает возможность питать линию от любой из двух подстанций / или // (при замкнутом разъединителе 17) или же каждую половину линии питать от своей подстанции (при разомкнутом разъединителе). Так как от работы устройств СЦБ непосредственно зависит выполнение графика движения поездов на участке, они должны иметь резервный источник питания. Устройства СЦБ получают резервное питание по линии 24 через понижающие однофазные трансформаторы 25 от линии ДПР 21.

Рассмотрим разрез по двухпутному участку дороги (рис. 5.2,б). Трехфазная комплектная трансформаторная подстанция (КТП) 34, состоящая из трансформатора 22 и сопутствующего оборудования, получает питание от линии ДПР 21 через провода 36. Один провод линии ДПР 21 через изоляторы 37 подвешивается к консоли 38 с полевой стороны опоры контактной сети 39, а другой - с полевой стороны опоры 45 второго пути. Третий вывод КТП присоединяется проводом 35 к рельсам 33. На изолированной консоли 41, закрепленной на опоре через изоляторы 40, подвешен несущий трос 42. Одиночный контактный провод 44, удерживаемый фиксатором 43, занимает заданное положение относительно оси пути. Электрически соединенные во многих точках несущий трос 42 и контактный провод 44 и составляют контактную сеть 26 (см. рис. 5.2,а). Светофор 46 получает напряжение от малоомощного понижающего однофазного трансформатора 18 через кабель 24 и релейный шкаф СЦБ 19. Трансформатор 18 подключен к трехфазной линии передачи 10 кВ 16. Провода этой линии крепятся на штыревых

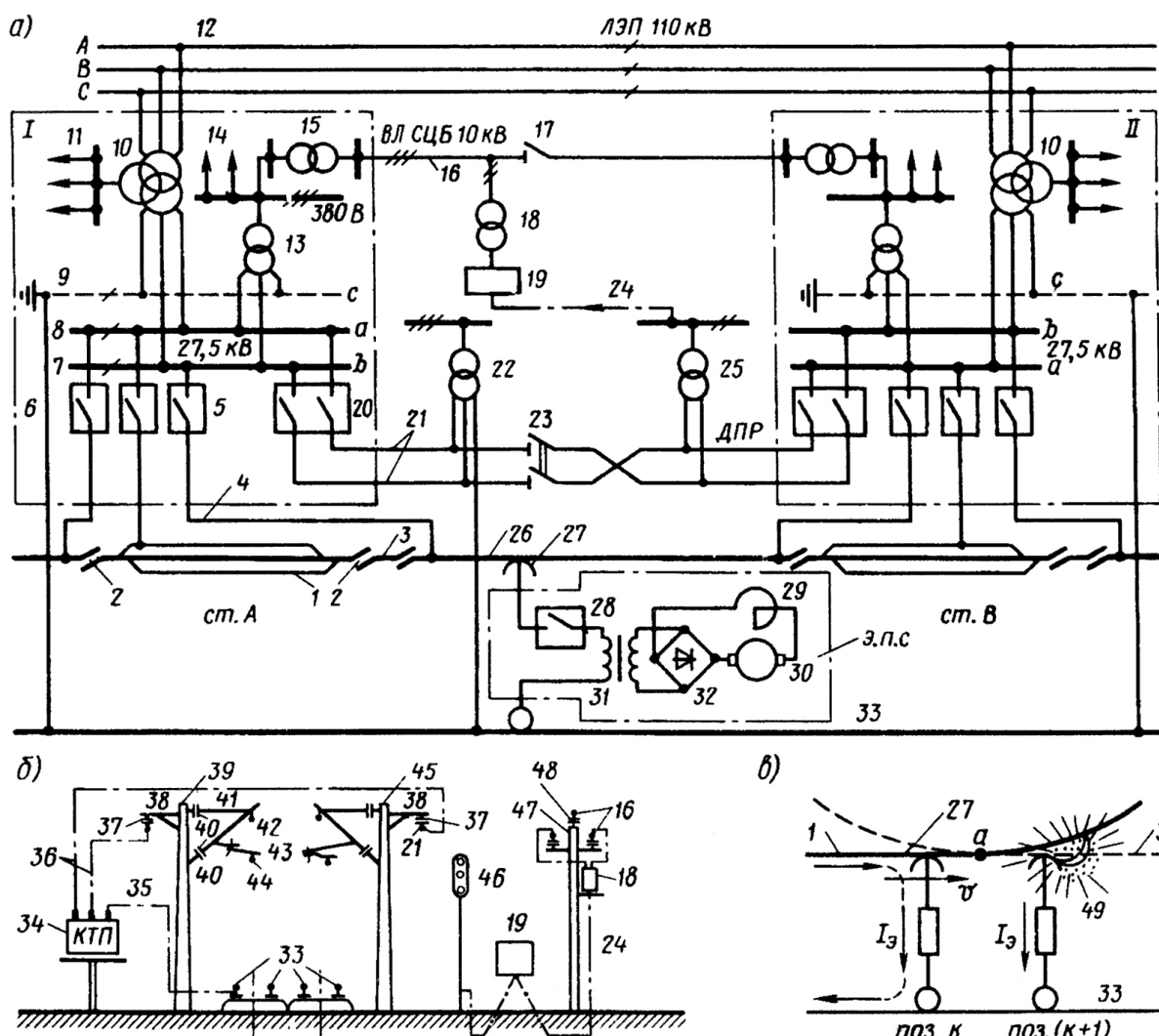


Рис. 5.2. Принципиальная схема участка железной дороги, электрифицированной по системе переменного тока 25 кВ (а), разрез его по двухпутному участку дороги (б) и схема, поясняющая процесс прохода поездом воздушного промежутка нейтральной вставки (в)

изоляторах 48 опор 47, которые установлены параллельно железной дороге специально для линии СЦБ.

Рассмотрим проход воздушного промежутка 2 перед нейтральной вставкой 3 поездом, идущим со станции А в сторону станции В. Дело в том, что по правилам этот воздушный промежуток, как и нейтральную вставку, поезд должен проходить при отключенных тяговых электродвигателях или, как говорят, без тока. В противном случае возможен пережог ветви контактного провода 1 промежутка 2, принадлежащей ст. А. Покажем, как это происходит. Для этого посмотрим на воздушный промежуток 2 сбоку (рис. 5.2,в). Как видим, высота подвеса контактных проводов ветвей 1 и 3 в пределах воздушного промежутка постепенно изменяется. В направлении слева направо контактный провод ветви 1 поднимается, а ветви 3 опускается. В точке а высоты подвеса обоих проводов равны. Поэтому, двигаясь по воздушному промежутку в направлении, указанном стрелкой, токоприемник э.п.с. до точки а скользит по проводу ветви 1 (позиция k), а после точки а - по проводу ветви 3 (позиция $k+1$). На провод 1 подано напряжение фазы А (см. рис. 5.2,а), на провод же 3, принадлежащий нейтральной вставке, напряжение не подано. По этой причине, двигаясь по воздушному промежутку, э.п.с. может потреблять ток только до точки а. После ее прохода контакт между контактным проводом 1 и токоприемником 27 прекращается, и ток через двигатели э.п.с. должен прерваться. Однако при большом токе (несколько сотен ампер) этого сразу не происходит, между контактным проводом и токоприемником загорается электрическая дуга 49, которая за несколько долей секунды пережигает провод 1. Поэтому машинист и обязан отключать электродвигатели, или, как говорят, отключать ток, подъезжая к нейтральной вставке. Однако преждевременное отключение тока может вызвать остановку поезда на нейтральной вставке, следовательно, проезд нейтральной вставки требует от машиниста большого внимания.

Главными достоинствами системы переменного тока напряжением 25 кВ является более высокое напряжение в контактной сети и возможность легко понизить это напряжение трансформатором электровоза. Электровоз мощностью 6000 кВт на постоянном токе потребляет из контактной сети ток 2000 А, а на переменном лишь 300 А. Поэтому контактная сеть постоянного тока тяжелая, имеет большое число проводов. Это обычно два медных контактных провода сечением 100 мм^2 каждый, медный несущий трос сечением 120 мм^2 и еще один или два усиливающих алюминиевых провода сечением 185 мм^2 каждый. На переменном токе контактная сеть более легкая и состоит из одного медного контактного провода сечением 100 мм^2 и биметаллического несущего троса сечением 95 мм^2 . Конструкция подстанции переменного тока по сравнению с подстанцией на постоянном токе более проста благодаря отсутствию выпрямительных агрегатов. Количество подстанций на линиях при системе переменного тока меньше, ибо располагаются они на больших расстояниях. Один из недостатков системы переменного тока

заклучается в ее значительном влиянии на линии связи, так как переменный ток создает вокруг проводов переменное электромагнитное поле. Приходится линии связи, проходящие вдоль железных дорог, непременно выполнять кабельными, а не воздушными, как на постоянном токе, что приводит к увеличению стоимости электрификации железных дорог. Кроме того, возникают проблемы несимметрии токов и напряжений из-за того, что электровазы потребляют однофазный ток, а линии передачи трехфазные. Появляется необходимость монтажа нейтральных вставок у каждой подстанции. Наличие таких вставок увеличивает вероятность пережога контактного провода.

В некоторых странах (Канада, США, ЮАР) появилась новая система тягового электроснабжения - система переменного тока напряжением 50 кВ частоты 50 или 60 Гц. Эта система аналогична системе переменного тока 25 кВ, но более высокое напряжение дает возможность существенно увеличить передаваемую по тяговой сети электрическую мощность. Однако при этом приходится усиливать изоляцию контактной сети, увеличивать габариты между устройствами, находящимися под напряжением, и заземленными частями, и, конечно, требуется новый электроподвижной состав, рассчитанный на напряжение 50 кВ.

Стремление повысить мощность, передаваемую по тяговой сети, путем увеличения напряжения при одновременном желании использовать стандартный электроподвижной состав на напряжение 25 кВ привело к возникновению системы переменного тока 2×25 кВ. При этой системе электрическая энергия от тяговой подстанции к э.п.с. передается в два этапа: сначала при напряжении 50 кВ, а затем 25 кВ. Для этого на опорах контактной сети с полевой стороны приходится подвешивать еще один так называемый питающий провод (напряжение между ним и проводами контактной сети и составляет 50 кВ), и устанавливать на перегоне между подстанциями автотрансформаторы 50/25 кВ.

Система 2×25 кВ широко применяется как в нашей стране, так и в других странах (Франция, Япония), имеющих электрифицированные линии напряжением 25 кВ. Она рассматривается как средство усиления этих линий.

Принципиальная схема участка железной дороги, электрифицированной по системе переменного тока 15 кВ пониженной частоты $16^{2/3}$ Гц с вращающимися преобразователями (рис.5.3).

В некоторых странах широкое распространение получила система переменного тока пониженной частоты. По этой системе работают с первых лет электрификации железные дороги стран центральной и северной Европы: Германии, Швейцарии, Швеции, Австрии, Норвегии. Понижение частоты объясняется стремлением использовать на переменном токе тяговый электродвигатель последовательного возбуждения, широко применяемый в электрической тяге на постоянном токе. Вращающий момент на валу электродвигателя пропорционален произведению тока и магнитного потока, поэтому электродвигатель

последовательного возбуждения способен работать и на переменном токе, поскольку направления тока и магнитного потока меняются одновременно. Однако переменный магнитный поток электродвигателя приводит к возникновению так называемой трансформаторной э.д.с. в обмотке якоря двигателя. При значительной э.д.с. появляется сильное искрение под щетками, вплоть до кругового огня по коллектору при коммутации. Чтобы избежать этого, необходимо снизить частоту тока. Технически проще всего снизить частоту ровно в 3 раза: с 50 до $16\frac{2}{3}$ Гц. Этим и объясняется появление электрифицированных участков 15 кВ частоты $16\frac{2}{3}$ Гц. Рассмотрим такой участок длиной 35-40 км с двумя соседними тяговыми подстанциями I и II, расположенными вблизи ст. А и В (рис. 5.3).

К линии электропередачи (ЛЭП) трехфазного переменного тока 110 кВ 14 подключен трансформатор тяговой подстанции 13, понижающий напряжение до 6,0 кВ. Это напряжение подается на синхронный трехфазный электродвигатель 12, на валу 11 которого установлен синхронный однофазный генератор 10 с выходным напряжением 5,7 кВ частотой $16\frac{2}{3}$ Гц. Полученное напряжение повышается трансформатором 9 до 15 кВ и подается на шины 8 и 7 тяговой подстанции. Одна из шин 8 рельсовым фидером 6 соединена с рельсами, а другая через фидерные выключатели 5 и, фидер контактной сети 4 - с контактной сетью перегона 3. Таким образом, после включения фидерного выключателя 5 тяговая сеть перегона, образованная контактным проводом 3 и рельсом 18, оказывается под напряжением. После этого машинист э.п.с. может, подняв токоприемник 15 и включив выключатель 16, подать напряжение на двигатели 17. Последние начинают вращаться, и э.п.с. приходит в движение.

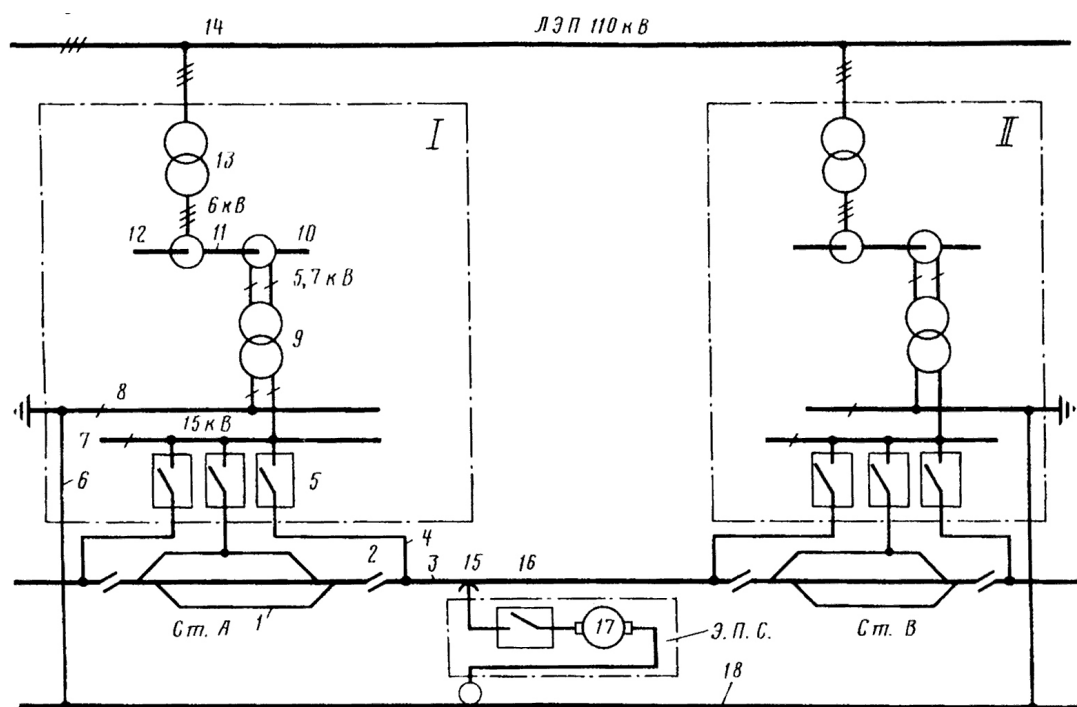


Рис. 5.3. Принципиальная схема участка дороги, электрифицированной по системе переменного тока 15 кВ пониженной частоты $16\frac{2}{3}$ Гц с вращающимися преобразователями

Контактная сеть 1 ст. А подключена к той же шине 7, что и сеть 3 перегона, поэтому перегон и станция в этой системе отделены простым по конструкции воздушным промежутком 2, а не двумя промежутками с нейтральной вставкой, как при системе 25 кВ.

Недостатки системы 15 кВ пониженной частоты заключаются прежде всего в том, что эта система требует громоздких вращающихся преобразователей. Трансформаторы, работающие на пониженной частоте, массивны из-за большой площади сечения стальных сердечников, так как для создания необходимой э.д.с. при пониженной частоте требуется большой магнитный поток. При некоторой предельной для стали индукции его можно получить только увеличивая площадь сечения сердечника трансформатора.

Однако система пониженной частоты $16\frac{2}{3}$ Гц обладает и достоинствами: индуктивное сопротивление тяговой сети (пропорциональное частоте) в 3 раза меньше, чем при частоте 50 Гц (соответственно падения напряжения в сети меньше и расстояния между тяговыми подстанциями могут быть увеличены), электромагнитное влияние на линии связи из-за более низкой частоты незначительно. Так как электрическая энергия из трехфазной сети передается в однофазную через механическое звено (вал 11 между двигателем и генератором), то снимаются все проблемы несимметрии токов и напряжений, в контактной сети не нужны нейтральные вставки. Страны, уже имеющие у себя сеть электрифицированных линий переменного тока пониженной частоты, продолжают электрификацию по этой же системе. Однако другие страны систему пониженной частоты не применяют

5.2 . Классификация и структурные схемы тяговых подстанций

Классифицировать тяговую подстанцию это значит словесно описать ее наиболее характерные схемные и конструктивные особенности. Принято классифицировать тяговые подстанции по следующим признакам:

- напряжению и роду тока (постоянный или переменный), при которых энергия от тяговой подстанции поступает к электрическим поездам;
- первичному напряжению, т. е. напряжению в линии электропередачи, к которой подключена тяговая подстанция со стороны системы внешнего электроснабжения;
- схеме присоединения тяговой подстанции к системе внешнего электроснабжения;
- способу обслуживания тяговой подстанции;
- способу управления оборудованием тяговой подстанции, а также по другим, не названным выше признакам, если указание на них целесообразно.

По первому признаку различают тяговые подстанции: постоянного тока напряжением 3,3 кВ; переменного тока напряжением 25 кВ;

переменного тока напряжением 2×25 кВ и постоянно-переменного тока (стыковые), обслуживающие участки двух систем тяги в месте их стыковки.

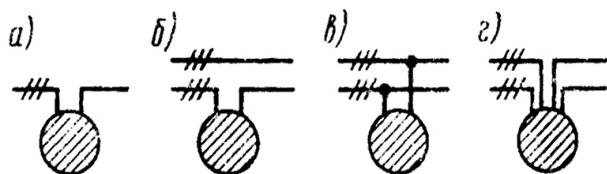


Рис. 5.4. Принципиальные схемы присоединения тяговых подстанций к системе внешнего электроснабжения

Подстанции постоянного тока используют первичное напряжение классов 6-10-35-110 и 220 кВ, переменного - 110 и 220 кВ.

К системе внешнего электроснабжения тяговые подстанции могут присоединяться по различным схемам. Подстанции, присоединяемые по схемам, приведенным на рис. 5.4, а, б

и в, называют промежуточными, по схеме на рис. 5.4, г – опорными. В свою очередь, промежуточные подстанции разделяются на промежуточные транзитные (рис. 5.4, а, б) и промежуточными на ответвлениях (рис. 5.4, в). Особенность присоединения подстанции непременно отражается на схеме самой подстанции, о чем будет сказано далее.

По способу обслуживания тяговые подстанции делятся на подстанции без дежурного персонала, с дежурством на дому и с постоянным дежурным персоналом. По системе управления различают: телеуправляемые подстанции, т.е. такие, оборудование которых может включать и отключать диспетчер, используя систему телеуправления и находясь при этом на значительном расстоянии от подстанции (100 - 250 км); без телеуправления, т.е. такие, для управления которыми нужно быть непосредственно на тяговой подстанции.

Попробуем далее классифицировать тяговые подстанции на примере описания их структурных схем. Структурными называют схемы, показывающие принцип выполнения электроустановки на уровне крупных функциональных узлов – структур. Одним из наиболее важных функциональных узлов любой подстанции, в том числе тяговой, является *распределительное устройство (РУ)*. Назначение РУ состоит в приеме электрической энергии от какого-либо источника по специальным линиям (вводам) и распределение ее по потребителям с помощью отходящих *питающих линий*.

Другой, не менее важный функциональный узел подстанции – трансформатор. Различают *понижающие трансформаторы*, назначение которых сводится к понижению напряжения, и *преобразовательные трансформаторы*, назначение которых состоит в понижении напряжения и, при необходимости, одновременно в увеличении числа фаз на вторичной обмотке. Преобразовательные трансформаторы питают *выпрямители* и *инверторы*. Последние также можно рассматривать как отдельные функциональные узлы. Выпрямители преобразуют (выпрямляют) переменный ток, на котором энергия поступает к выпрямителю, в постоянный, на котором она затем используется электрическими поездами. Инверторы выполняют обратное преобразование (инвертирование) энергии постоянного тока.

вырабатываемой э.п.с. во время торможения у станций или на крутых спусках, в энергию переменного тока, на котором она через преобразовательный трансформатор возвращается в систему внешнего электроснабжения.

Другие функциональные узлы, специфические для отдельных видов тяговых подстанций, будут понятны из рассмотрения структурных схем.

Структурная схема промежуточной тяговой подстанции постоянного тока 3,3 кВ с первичным напряжением 110 (220) кВ и РУ 35 кВ для питания района.

Основные функциональные узлы тяговой подстанции (рис. 5.5): I - РУ 110(220) кВ; II - понижающий трансформатор; III - РУ 35 кВ; IV— РУ 10 кВ; V - преобразовательный трансформатор; VI - выпрямитель; VII - РУ 3,3 кВ; VIII -- сглаживающее устройство.

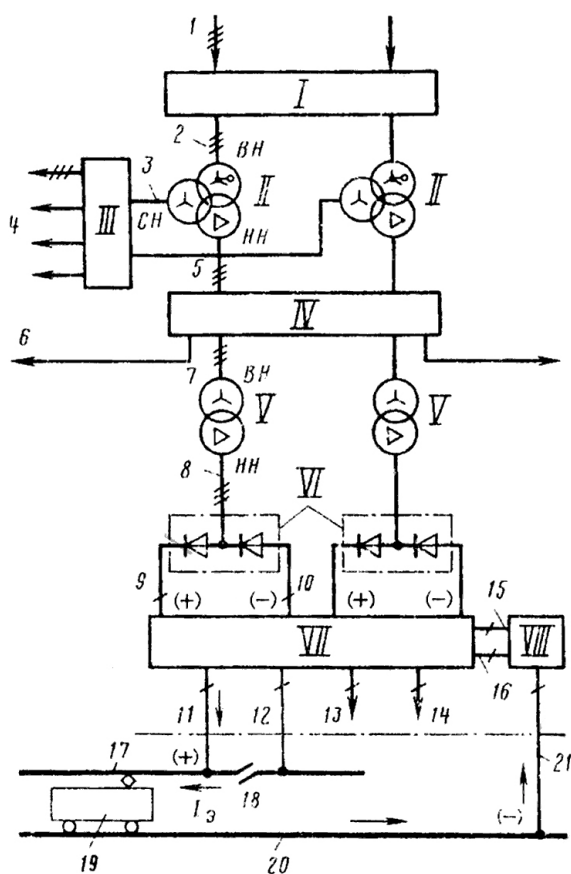


Рис. 5.5. Структурная схема промежуточной тяговой подстанции постоянного тока 3,3 кВ

Вводы, питающие линии и другие присоединения обозначены арабскими цифрами. Через вводы 1 трехфазное напряжение 110(220) кВ, передаваемое по трем проводам, подается в РУ 110 (220) кВ I, откуда по присоединениям 2 — к понижающим трансформаторам II. Эти трансформаторы трехобмоточные, поэтому обмотками ВН и НН они понижают первичное напряжение до 10 кВ, а обмотками ВН и СН — до 35 кВ. Через вводы 5 напряжение 10 кВ поступает в РУ 10 кВ IV, а через вводы 3 напряжение 35 кВ — в РУ 35 кВ III. По питающим линиям 4 напряжение 35 кВ подается в РУ 35 кВ трансформаторных подстанций района (на схеме не показаны), по линиям 6 напряжение 10 кВ подается от РУ 10 кВ IV для

питания нетяговых железнодорожных потребителей. Линии обычно размещаются с полевой стороны на опорах контактной сети (см. рис. 5.1).

По присоединениям 7 от того же РУ 10 кВ получают трехфазное напряжение преобразовательные трансформаторы V. Они понижают напряжение до 1,52 кВ. Это напряжение подается на выпрямители VI, которые преобразовывают его в напряжение постоянного тока 3,3 кВ. Поэтому от выпрямителей в РУ 3,3 кВ VII идут уже всего два провода (две шины): 9 и 10. Потенциал шины 9 выше (он обозначен знаком +), шины 10 ниже (он обозначен знаком –), а разность потенциалов между шинами (напряжение) составляет 3,3 кВ.

Через РУ 3,3 кВ и питающую линию (фидер) контактной сети 11 потенциал шины 9 (+) подается на участок контактной сети 17, а через сглаживающее устройство VIII и рельсовый фидер 21 потенциал шины 10 (–) – на рельсы 20.

Несколько слов о сглаживающем устройстве VIII. Оно предназначено для резкого (в 50-100 раз) снижения пульсаций тока в тяговой сети, которые возникали бы под действием пульсирующего, не идеально сглаженного напряжения на выходе выпрямителя VI и наводили помехи в линии проводной связи, проходящей параллельно трассе железной дороги.

На другие участки контактной сети потенциал шины 9 (+) подается через фидеры контактной сети 12, 13, 14. Соседние участки по одному пути разделены воздушным промежутком 18. Заметим, что собственно схема тяговой подстанции кончается там, где на рис. 5.5 проходит штриховая линия (ниже РУ 3,3 кВ).

Таким образом, между любым участком контактной сети и рельсами разность потенциалов (напряжение) в зависимости от величины тяговой нагрузки подстанции составляет величину $2,7 \div 3,3$ кВ. Это дает возможность машинисту э.п.с. 19, подключив двигатели, собрать замкнутую цепь тока. При этом двигатели начнут потреблять электрическую энергию, превращая ее в механическую энергию движения поезда.

Напомним, что электрическую энергию вырабатывают генераторы электрических станций системы внешнего электроснабжения, откуда она передается сначала через ЛЭП и районные подстанции системы внешнего электроснабжения, а затем уже через тяговую подстанцию и тяговую сеть к э.п.с. 19. В соответствии с общими закономерностями передача электрической энергии сопровождается потерями во всех звеньях тракта передачи: от источника до потребителя. Это означает, что если потребитель (в нашем случае э.п.с. 19) получил за некоторое время $A_{\text{э}}$ кВт·ч энергии, то электрические станции системы должны выработать за это же время $A = A_{\text{э}} / \eta_{\text{п}}$ кВт·ч активной энергии, где $\eta_{\text{п}}$ – коэффициент полезного действия тракта передачи энергии.

Существенно и другое: одновременно с активной энергией A , кВт·ч, станции должны за это же время выработать еще и реактивную энергию $A_{\text{р}}$, квар·ч, не производящую работы и лишь загружающую систему протеканием тока. Эта энергия определяется индуктивностью тракта передачи и свойствами

потребителей активной энергии. Без потребления реактивной энергии не может работать ни один преобразовательный агрегат, под которым понимают выпрямитель и преобразовательный трансформатор, взятые как единое целое.

Для полного понимания процессов преобразования энергии в схеме рассматриваемой тяговой подстанции необходимо обратить внимание на следующее: между истинными источниками электрической энергии - электрическими станциями и э.п.с. 19 существует несколько гальванически, т.е. электрически разделенных, но магнитосвязанных контуров тока, в каждом из которых существуют свой формальный источник энергии и формальный потребитель энергии. При этом все формальные источники и потребители энергии обладают признаками истинных. В рассматриваемой схеме таких контуров три.

Первый - контур постоянного тока 3,3 кВ. Формальный источник энергии: выпрямители VI совместно с обмотками *нн* преобразовательных трансформаторов. Формальный потребитель, он же истинный - э.п.с. 19. Цепь тока (в соответствии с принятым положительным направлением тока электровоза I_3 , указанным стрелкой) замыкается последовательно: *нн* V - 8 - V - 9 - VII - 11 - 17 - 19 - 20 - 21 - VIII - 1 - 15 - VII - VI - *нн* V. Измерениями можно установить, что наибольшее падение напряжения в этом контуре приходится на э.п.с. Это означает, что э.п.с. потребляет и основную долю энергии, расходуемую в этом контуре, где она в основном преобразуется в электрическую энергию движения поезда и лишь частично теряется в виде тепла.

Второй - контур трехфазного переменного тока 10 кВ. Формальный источник энергии: обмотки *нн* трансформаторов //. Формальный потребитель: обмотки *вн* преобразовательных трансформаторов V. Токи протекают по трем проводам (фазам) рассматриваемого контура. Наибольшая доля активной составляющей падения напряжения приходится на обмотки *вн* трансформаторов V, что и дает право считать их потребителем энергии.

Закономерная особенность двух рассмотренных магнитосвязанных контуров состоит в том, что разделяющий их элемент - преобразовательные трансформаторы V - является одновременно источником энергии в первом контуре и потребителем - во втором. Это имеет физическое объяснение: только потребив большую часть энергий во втором контуре, можно обеспечить экономичную ее передачу э.п.с. 19 в первом.

Третий - контур переменного тока 110(220) кВ (приведен на рис. 5.5 частично). Формальный потребитель: обмотки *вн* понижающих трансформаторов //. Формальный источник на схеме не показан и находится в системе внешнего электроснабжения. Вернее всего, это вторичные обмотки понижающих трансформаторов районных подстанций или же обмотки повышающих трансформаторов электрической станции. Значит, рассматриваемый третий контур не является последним и до

истинного источника электрической энергии - генераторов электрических станций - еще должен быть как минимум один магнитосвязанный контур. Наибольшая доля активной составляющей падения напряжения в контуре приходится на обмотки *вн* понижающих трансформаторов //.

Тяговая подстанция постоянного тока (рис. 5.6). Подстанция имеет ту же структурную схему, что и на рис. 5.5, порядок обозначения структур сохранен. В левой верхней части рисунка видно РУ 110 кВ I, в котором размещено пока незнакомое нам оборудование. Среди него выделим выключатель 41, разъединители 39 и 43, отделитель 46 и разрядник 42. Все эти элементы обеспечивают нормальное функционирование распределительного устройства данного типа. По трем проводам присоединения 2, находящимся между изоляторами 116, укрепленными на порталах 115 РУ, и изоляторами 126 на порталах 127, подается напряжение на понижающие трансформаторы //. От каждого понижающего трансформатора отходит ввод 5 в РУ 10 кВ IV, которое расположено внутри здания подстанции 132, у его левой стены, и видно на рис. 5.6 благодаря условно снятой крыше здания тяговой подстанции.

Основная коммутационная аппаратура в ячейках РУ 10 и 3,3 кВ (IV и VII) – выключатели и разъединители – будет рассмотрена более подробно в разделе 5.3. настоящего учебника. В нижнем правом углу здания тяговой подстанции и в пристройке снаружи VIII размещено сглаживающее устройство. Из здания подстанции фидерами 11-14 и рельсовым фидером 21 выпрямленное напряжение постоянного тока 3,3 кВ подается в тяговую сеть. РУ 35 кВ тяговой подстанции /// смонтировано в левой части ее территории и выполнено из стандартных блоков 109, объединенных системой сборных шин 110. Шины закреплены между поперечинами 113, укрепленными на опорах 11, и изолированы от последних гирляндами изоляторов 112. РУ 35 кВ получает питание по вводам 3 через блок ввода 125 и линию 119 от тех же понижающих трансформаторов //. Блоки РУ 35 кВ выполнены открытыми, поэтому в начале и конце блока отходящей линии 109, питающей районные потребители, ясно просматриваются разъединители 22 и выключатели 24.

Сравнительное масштабное сопоставление элементов территории тяговой подстанции можно провести, взяв за базу отсчета длину вагона масляного хозяйства 121 (20 м), вводимого на территорию тяговой подстанции, или же рост человека (1,8 м).

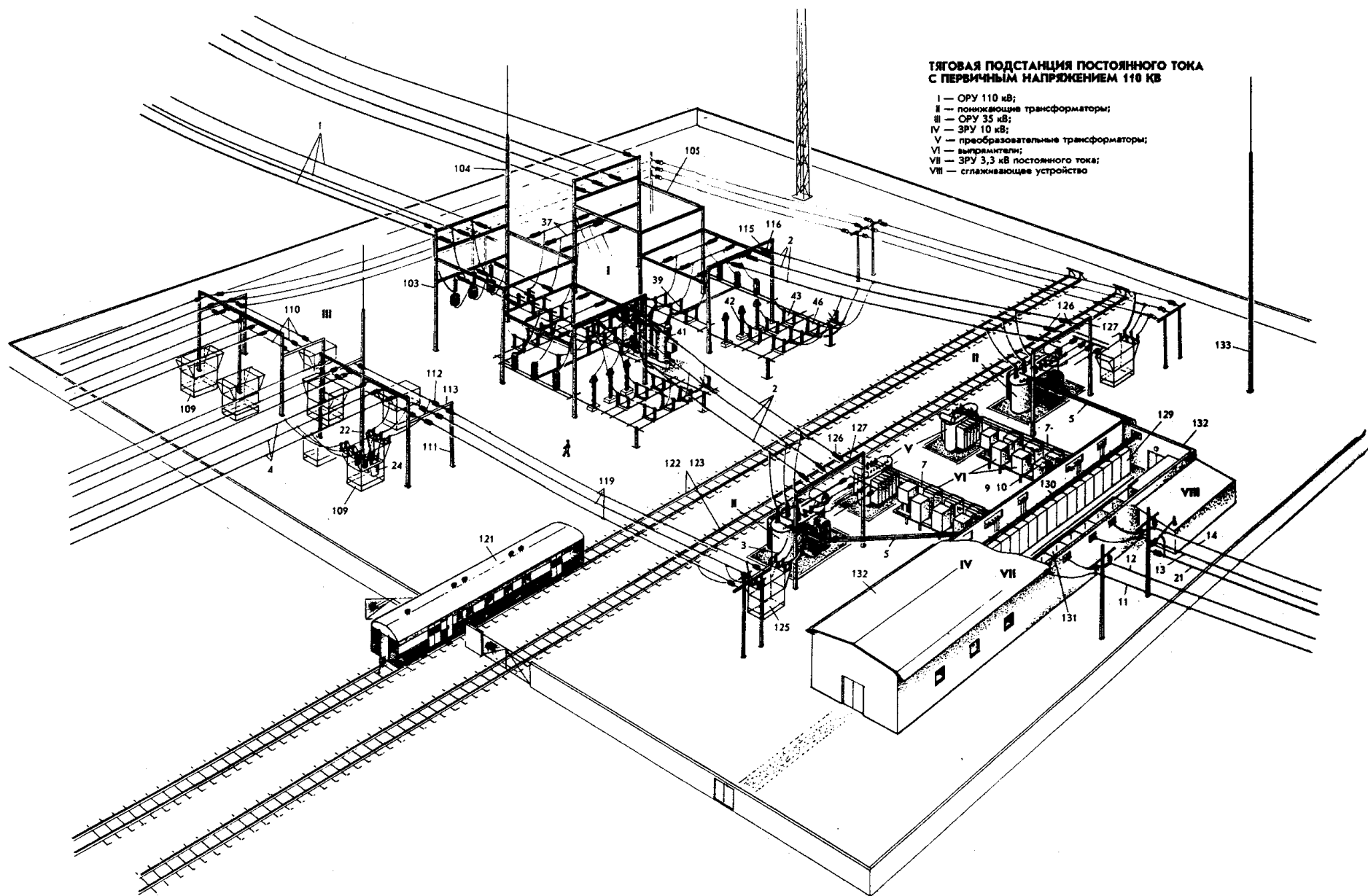


Рис. 5.6. Тяговая подстанция постоянного тока

Кроме рассмотренных, на рисунке видны и другие элементы конструкции тяговой подстанции: рама РУ 110 кВ, состоящая из опор 103 и поперечин 104, 108, отдельно стоящие опоры с громоотводами (диверторами) 133 и др.

Структурная схема опорной тяговой подстанции переменного тока 25 кВ с первичным напряжением 110(220) кВ и РУ 10 кВ для питания района (рис. 5.7). Основные функциональные узлы тяговой подстанции: I — РУ 110(220) кВ; II — понижающие трансформаторы; III — РУ 10 кВ; IV — РУ 25 кВ.

По вводам 1 трехфазное напряжение 110(220) кВ подается в РУ 110(220) кВ. Это РУ имеет более сложную схему и конструкцию, чем РУ такого же напряжения на рис. 5.6, так как оно предназначено для приема и распределения энергии, которая может поступать сразу по четырем вводам. По присоединениям 2 трехфазное напряжение от РУ 110 (220) кВ подводится к трехобмоточным понижающим трансформаторам II, которые обмотками ВН и СН понижают первичное напряжение до 25 кВ, а обмотками ВН и НН — до 10 кВ. Напряжение 25 кВ используется для питания э. п. с., а 10 кВ — района. Последнее от трансформаторов II подводится по вводам 3 к РУ 10 кВ тяговой подстанции III, откуда по питающим линиям 4 к трансформаторным подстанциям потребителей района (на схеме не показаны).

Подвод напряжения 25 кВ к участкам тяговой сети слева и справа от подстанции обеспечивается через РУ 25 кВ IV по фидерам контактной сети 8 (фаза а), 9 (фаза б) и рельсовому фидеру 6 (фаза с). На участок тяговой сети слева от подстанции (между контактной сетью 15 и рельсами 22) подается однофазное напряжение $\dot{U}_{a-c} = 25$ кВ (эффективное значение), а на участок справа (между контактной сетью 19 и рельсами 22) —

однофазное напряжение $\dot{U}_{b-c}$ также с эффективным значением 25 кВ. Из-за разницы фаз напряжений между участками контактной сети слева 15 и справа 19 они разделены нейтральной вставкой 17. От РУ 25 кВ через двухфазные фидеры 7 и 10 подается напряжение также и в линии ДПР, соответственно слева 13 и справа 14, используемые для питания нетяговых потребителей 20 и 21.

Потребление энергии э.п.с. 23 начинается после подключения его цепей между контактной сетью 19 и рельсами 22. При этом энергия от истинного источника электрической энергии — электрических станций

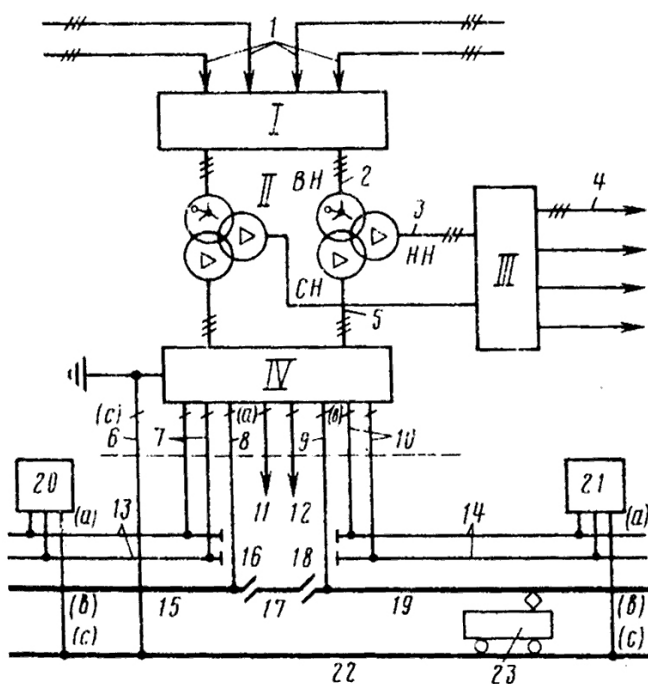


Рис. 5.7. Структурная схема опорной тяговой подстанции переменного тока

(на схеме не показаны) – до истинного потребителя – э.п.с. 23 – передается последовательно через несколько магнитосвязанных, но гальванически разделенных контуров тока, в каждом из которых существует свой формальный источник и формальный потребитель энергии. В пределах от вводов / и до поезда 23 два таких контура.

Первый – контур переменного тягового тока 25 кВ. Формальный источник энергии – обмотки *сн* трансформатора. Формальный потребитель, он же истинный – э.п.с. 23. Тяговый ток замыкается по контуру *сн II - 5 - IV - 9 - 19 - 23 - 22 - 6 - IV - 5 - сн II*. Максимальная доля активной составляющей падения напряжения приходится на э.п.с. 23.

Второй – контур переменного тока 110(220) кВ. Формальный потребитель – обмотки *вн* трансформатора *II*. Формальный источник на рисунке не показан, но вероятнее всего это обмотки понижающих трансформаторов районных подстанций или же обмотки повышающих трансформаторов электрической станции. Значит, рассматриваемый второй контур не является последним и до истинного источника – генераторов электрических станций – еще должен быть, как минимум, один контур.

Максимальная доля активной составляющей падения напряжения во втором контуре приходится на фиктивный потребитель – обмотки *вн* трансформатора *II*. Нетрудно видеть, что и в данном случае формальный источник энергии в первом контуре – трансформатор *II* – является потребителем во втором контуре. Объяснение этому дано выше при рассмотрении схемы подстанции постоянного тока. Следует заметить, что схема тяговой подстанции кончается там, где на рис. 5.7 проходит штриховая линия.

На рис.5.7 показана схема питания через фидеры 9, 10 и рельсовый фидер 13 тяговой сети первого пути железной дороги. Аналогичным образом через фидеры 11, 12 и рельсовый фидер 13 питается тяговая сеть второго пути (на схеме не показан).

Структурная схема промежуточной тяговой подстанции переменного тока 2×25 кВ с первичным напряжением 110(220) кВ.

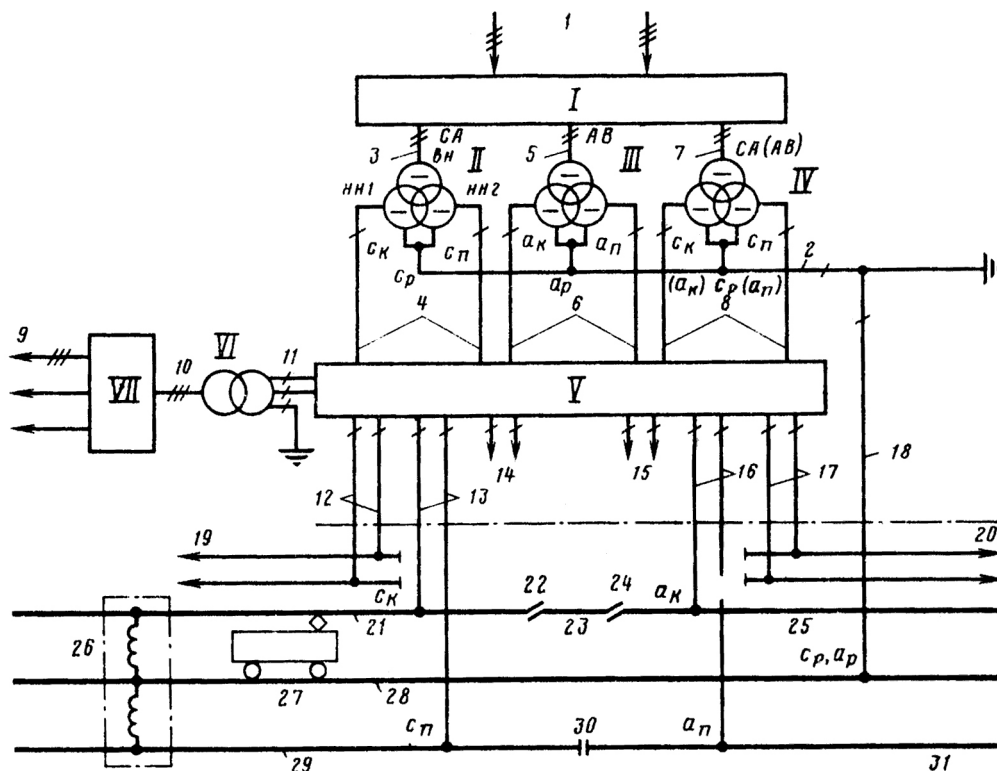


Рис.5.8. Структурная схема промежуточной тяговой подстанции переменного тока 2хх25кВ

Рассматриваемая тяговая подстанция (рис. 5.8) является составной частью системы тягового электроснабжения переменного тока 2×25 кВ, с помощью которой реализуется система тяги переменного тока 25 кВ. Поэтому, кроме самой схемы тяговой подстанции, рассмотрены и основные функциональные узлы тяговой подстанции: I - РУ 110 (220) кВ; II, III и IV - понижающие однофазные трансформаторы; V - РУ 2×25 кВ; VI - районный трансформатор; VII - РУ 10 кВ.

По вводам 1 трехфазное напряжение 110(220) кВ подается в РУ 110(220) кВ I. Это РУ по сложности, схемы и конструкции является средним между РУ такого же напряжения, приведенными на рис. 5.5 и 5.7. Двухфазными присоединениями 3, 5 и 7 к этому РУ подключены одинаковые по конструкции однофазные трансформаторы II, III и IV. Однако эти трансформаторы подключены к разным фазам РУ 110 кВ I. Трансформатор II подключен к фазам С и А (рис. 5.9,а), т.е. на его обмотку $вн$ подается напряжение $\dot{U}_{CA}$ (рис. 5.9,б), а трансформатор III - к фазам А и В, т.е. на его обмотку $вн$ подается напряжение $\dot{U}_{AB}$. При этом на обмотках $нн1$ и $нн2$ трансформатора II наводятся напряжения, показанные на векторной диаграмме (рис. 5.9,а) векторами c_k-c_p и c_p-c_n , а на трансформаторе III - векторами a_k-a_p и a_p-a_n .

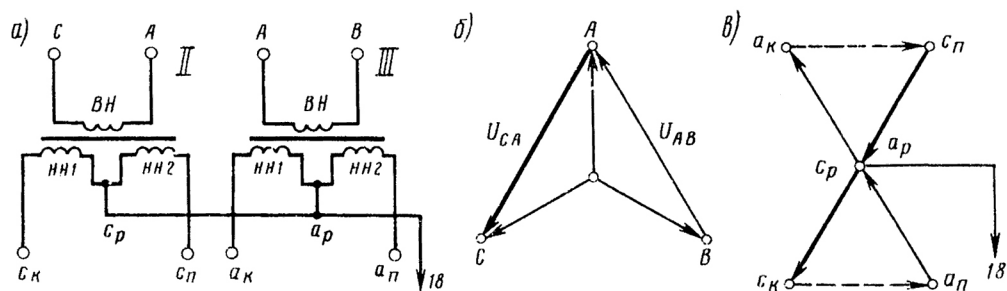


Рис. 5.9. Схема подключения к фазам РУ 110 (220) к.В однофазных трансформаторов (а) и векторные диаграммы их первичных (б) и вторичных (в) напряжений

Каждое из указанных напряжений равно 25 кВ. Будучи объединены все вместе проводом 2 и рельсовым фидером 18 по выводам c_p и a_p (см. рис. 5.8 и 5.9,а), трансформаторы II и III образуют систему напряжений (см. рис. 5.9,в), при которой между точками c_k и $c_п$ и соответственно между a_k и $a_п$ напряжение равно 50 кВ, а между рельсовым фидером 18 и любой из точек a_k , $a_п$, $c_п$ или c_k - 25 кВ. Индексы к, п и р обозначают соответственно: контактная сеть, питающий провод и рельсы. Именно эта система напряжений проводами 4 и 6 и подается в РУ 2×25 кВ V откуда через двухфазные фидеры 13 и 16 и рельсовый однофазный фидер 18 в тяговую и питающую сети первого пути. Тяговая и питающая сети второго пути (на схеме не показаны) питаются по двухфазным фидерам 14 и 15. Тяговая сеть образована контактной сетью 21 и рельсами 28, питающая - контактной сетью 21 и питающим проводом 29. Связь питающей и тяговой сетей осуществляется через автотрансформаторы 26, служащие для преобразования напряжения 50 кВ, подводимого по питающей сети, в напряжение 25 кВ, снимаемое с верхней полуобмотки автотрансформатора 26. Автотрансформаторы устанавливаются вдоль полотна электрической железной дороги на расстоянии 6-12 км друг от друга.

Таким образом, в соответствии с рис. 5.8 и векторной диаграммой (см. рис. 5.9,в) между контактной сетью 21 и питающим проводом 29 слева от тяговой подстанции подано напряжение $\dot{U}_{c_k c_п} = 50$ кВ, а между контактной сетью 21 и рельсами 28 - напряжение $\dot{U}_{c_k c_p} = 25$ кВ. На участке между подстанциями подпитка тяговой сети напряжением $\dot{U}_{c_k c_p}$ обеспечивается автотрансформаторами 26. Значит, в этой системе тягового электроснабжения может быть использован э.п.с., рассчитанный на питание от тяговой сети однофазного переменного тока 25 кВ.

Снабжение электрической энергией нетяговых железнодорожных потребителей осуществляется от линий ДПР 19 и 20, напряжение на которые подается через фидеры ДПР 12 и 17, и рельсы, т. е. так же, как и при системе переменного тока 25 кВ. К потребителям слева от подстанции энергия подводится при напряжениях, образуемых системой трех векторов c_k , c_p , $a_п-c_k$ и $a_p-a_п$, а справа - a_k-c_p , c_k и $a_p-c_п$.

Отключение из-за неисправности любого из трансформаторов // или /// нарушает систему напряжений РУ 2×25 кВ (см. рис. 5.9). При этом лишаются питания поезда одной из зон (слева или справа от подстанции) и все нетяговые потребители (и слева, и справа). Чтобы исключить такую неприятную возможность, на подстанции имеется третий, резервный трансформатор IV, который через питающую линию 7 может получать от РУ 110(220) кВ / или напряжение $\dot{U}_{CA}$ как трансформатор //, или напряжение $\dot{U}_{AB}$ как трансформатор /// и подводить к РУ 2×25 кВ напряжения, совпадающие по фазе с напряжениями, подводимыми трансформаторами // и ///. Для осуществления этого в РУ 110(220) кВ / и в РУ 2×25 кВ V имеются соответствующие системы переключений. Поскольку напряжение между участками тяговой и питающей сетей слева 21 и 29 и справа 25 и 31 от тяговой подстанции различно (см. рис. 5.9), они отделены друг от друга воздушными промежутками 22 и 24, нейтральной вставкой 23 и промежутком 30. Электроснабжение районных потребителей осуществляется от РУ VII по питающим линиям 9. Напряжение в РУ VII подается по вводам 10 от специального трансформатора VI, подключенного к РУ 25 кВ V проводами //. Следует заметить, что схема тяговой подстанции кончается там, где на рис. 5.8 проходит штриховая линия.

Как и в рассмотренных выше структурных схемах тяговой подстанции (см. рис. 5.5 и 5.7), в схеме на рис. 5.8 между истинным потребителем электрической энергии - э.п.с. 27 - и истинным источником - генераторами электрических станций (на схеме не показаны) - существует несколько гальванически разделенных, но магнитосвязанных контуров тока, в каждом из которых имеются свой формальный источник и потребитель энергии.

5.3. Защита систем тягового электроснабжения от перегрузок и коротких замыканий

Приведенное выше название стереотипно. В действительности же речь будет идти о защите элементов систем тягового электроснабжения от последствий перегрузок и коротких замыканий.

Длительное протекание больших токов по токоведущим частям и аппаратам системы тягового электроснабжения приводит к их избыточному нагреву, в результате которого могут произойти необратимые изменения в материалах токоведущих частей и аппаратов, и как результат - выход их из строя, иногда сопровождаемый остановкой движения. Причинами длительного протекания больших токов являются неконтролируемые перегрузки и неотключённые короткие замыкания.

Особенно чувствительны к перегрузкам и коротким замыканиям провода контактных сетей электрических железных дорог.

В качестве примера достаточно лишь указать, что выдержка контактного провода марки МФ-100 (см. раздел 5.4 настоящего

пособия) нагретого до температуры 200°C в течение 15 минут приводит к так называемому «отжигу контактного провода», в результате которого он теряет свои упругие свойства и, растягиваясь под действием собственного веса, ложится на рельсы. «Отжиг контактного провода» - серьезнейшая авария, надолго останавливающая движение на участке электрифицированной железной дороги, поскольку требует полной замены отожженного провода новым. Сказанное означает, что необходимо контролировать процессы нагрева проводов контактной сети, с тем чтобы не допускать их отжига.

Не менее опасен и кратковременный местный перегрев проводов контактной сети, особенно в местах, где при коротком замыкании (к.з.) образуется электрическая дуга. На рис.5.10 показано к.з. через дугу 4, образовавшуюся в результате перекрытия загрязненной гирлянды изоляторов 3 между несущим тросом контактной сети 5 и консолью 2, соединенной с рельсами 6 отрезками стального прутка 9 и 7 через искровой промежуток 8. В момент перекрытия гирлянды изоляторов искровой промежуток, нормально изолирующий арматуру опоры от рельсов, пробивается и по цепи начинает протекать ток короткого замыкания. Путь протекания тока к.з. со стороны тяговой подстанции, расположенной слева от места к.з., показан стрелками.

Специальные исследования, проведенные профессором С.Д. Соколовым (ВНИИЖТ) показали, что пережог контактного провода электрической дугой между ним и замкнутым на корпус токоприемником электровоза, происходит в течение $0,15 - 0,1$ с, если ток короткого замыкания через дугу составляет, соответственно, $3000 - 4000$ А. Из сказанного следует, что короткие замыкания, при которых величина тока достигает указанных выше величин, должны быть обнаружены и отключены за время существенно меньшее, чем $0,1 \div 0,15$ с.

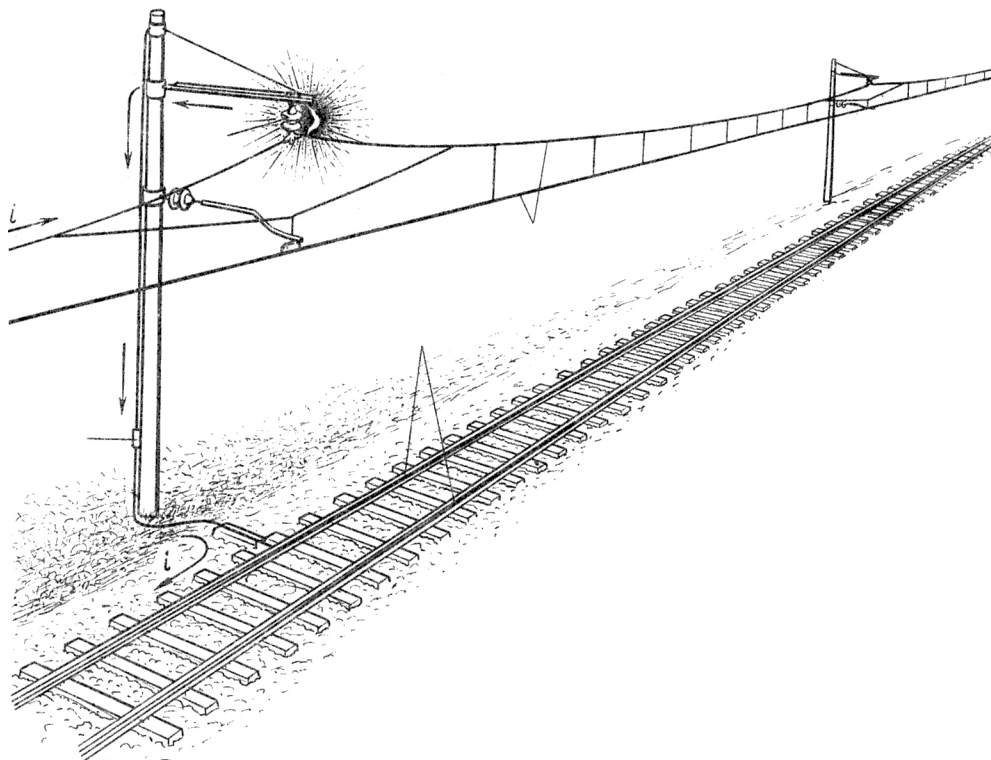


Рис. 5.10. Короткое замыкание между несущим тросом и консолью опоры контактной сети через дугу, образовавшуюся в результате перекрытия загрязненной гирлянды изоляторов

Обнаружение недопустимых перегрузок и токов коротких замыканий в тяговых сетях постоянного и переменного тока, а также во всех других цепях тяговых подстанций, производится специальными устройствами - релейными защитами. В нынешнем исполнении релейные защиты это, как правило, электронные устройства, которые по сопоставлению токов, напряжений и их изменений во времени в защищаемых цепях, устанавливают наличие в них перегрузок или коротких замыканий, после чего выдают команду на отключение цепи. Само же отключение цепи производится так называемыми выключателями – коммутационными аппаратами, способными за короткое время разорвать электрическую цепь и, тем самым, предотвратить аварийные последствия недопустимых перегрузок и коротких замыканий.

Из сказанного ясно, что подобного рода электрические аппараты устанавливаются в цепях всех вводов и отходящих линий РУ всех напряжений, в частности в РУ I, III, IV и VII подстанции постоянного тока (рис.5.5), и в РУ I, III и IV опорной тяговой подстанции переменного тока (рис.5.7).

Познакомимся с конструкциями и принципами действия современных выключателей, используемых на тяговых подстанциях переменного и постоянного тока.

Высоковольтные выключатели переменного тока

Все выключатели переменного тока на напряжение выше 1000 В, как правило, выключатели контактные, т.е. отключение цепи с током такими выключателями происходит путём размыкания контактов. При этом вне зависимости от вида и конструкции у всех у них в момент размыкания контактов между ними появляется электрическая дуга.

Обязательное появление дуги между контактами выключателя (в межконтактном промежутке) с точки зрения электротехники объясняется тем, что все электрические сети и трансформаторы обладают значительной индуктивностью. Попытка мгновенно разорвать цепь с индуктивностью оборачивается, по закону Ленца, появлением на индуктивностях цепи напряжений, стремящихся во чтобы то ни стало поддержать ток в цепи. Именно этими напряжениями, прикладываемыми к размыкаемым контактам выключателя, и ионизируется образуемый межконтактный промежуток, между контактами возникает проводящий плазменный шнур – загорается электрическая дуга.

Общее свойство всех выключателей переменного тока состоит в том, что дуга всегда гаснет вблизи нуля тока, а вернее несколько ранее естественного прихода тока к нулю. С учетом этого основная функция выключателей состоит в том, чтобы не допустить повторного зажигания дуги после ее погасания. Последнее достигается созданием условий, способствующих быстрой деионизации межконтактного промежутка. Рассмотрим указанные процессы подробнее, используя диаграмму изменения отключаемого тока (рис.5.11).

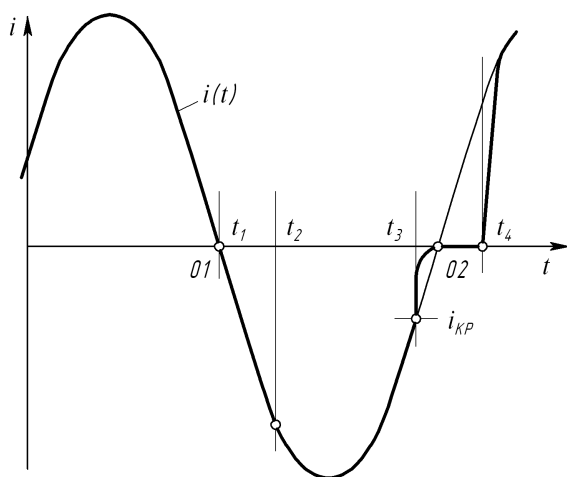


Рис. 5.11. Диаграмма тока, отключаемого выключателем, поясняющая процесс образования бестоковой паузы в межконтактном промежутке.

Пока контакты выключателя замкнуты, изменение тока $i(t)$ происходит по гармоническому закону и в момент t_1 (точка 01) ток должен будет пройти через так называемый «естественный нуль». Пусть в момент t_2 контакты выключателя размыкаются и между ними появляется электрическая дуга. Падение напряжения в дуге незначительно (по сравнению с напряжением сети), поэтому можно считать, что и после появления дуги измерение тока продолжается по тому же гармоническому закону. Однако в момент времени t_2 убывающий ток цепи достигает критического для дуги значения $i_{кр}$. С током ниже $i_{кр}$ дуга

не может существовать и поэтому она распадается (угасает) ранее, чем достигается момент естественного прихода тока к нулю.

Угасание дуги происходит из-за недостатка в ней электронов, необходимых для проведения естественного тока. При горении дуги электроны возникают в ней автоматически при ионизации среды, в которой она горит (пары масла, элегаз, пары металла в вакууме и т.п.), под действием высокой температуры дуги, вызываемой самим током (термическая ионизация). При токе выше критического электронов для его проведения хватает с избытком, при токе ниже критического – их недостаточно, дуга угасает ранее момента естественного прихода тока к нулю (точка 02 на рис. 5.11). Поэтому после момента времени t_3 начинается интенсивная деионизация межконтактного промежутка выключателя или, как говорят, восстановление его электрической прочности. Если контакты еще недалеко отошли друг от друга и электрическая прочность межконтактного промежутка невелика, то в некоторый момент времени t_4 дуга может загореться вновь, если напряжение, прикладываемое к контактам выключателя со стороны сети способно «пробить» межконтактный промежуток, т.е. на короткое время образовать между контактами электрическую дугу. Процесс образования дуги под действием напряжения между контактами называется электрической ионизацией промежутка. Электроны, необходимые для образования дуги, при этом появляются за счет разгона электрическим полем электронов, еще остающихся в межконтактном промежутке, до скоростей, при которых их кинетической энергии хватает для того, чтобы ионизировать нейтральные атомы среды и получить новые электроны и т.д.

Если же контакты отошли друг от друга достаточно далеко и электрическая прочность промежутка высока, повторного пробоя и загорания дуги не происходит – цепь оказывается прерванной, ток отключенным.

Отсюда можно сделать вывод, для быстрого отключения цепи переменного тока конструкция выключателей должна предусматривать быстрое разведение контактов и размещение их в среде, обеспечивающей максимально быстрое восстановление электрической прочности межконтактного промежутка. Конструкции выключателей, в которых реализуются указанные требования весьма многообразны. Познакомимся с двумя наиболее широко применяемыми классами выключателей: масляными и вакуумными.

Масляные выключатели. По конструкции они делятся на два подкласса: выключатели с большим и малым объемом масла (маломаслянные). Масло в них служит и средой для гашения тока и изолирующей средой.

На рис. 5.12, а, б, в показаны, соответственно, внешний вид, раз-

рез и принципиальная схема масляного выключателя переменного тока с большим объемом масла типа У-220, а на рис 5.12, в и д – используемые в них методы гашения дуги.

Таковыми выключателями оборудовано большое количество РУ-220 кВ, действующих тяговых подстанций переменного и постоянного тока. На рис. 5.12, а ясно видны три круглых металлических бака (полюса) 1 выключателя, заполненных минеральным трансформаторным маслом, внутри которых размещены специальные дугогасительные камеры 7 (рис. 5.12, б и в) с контактами 11 и 12, обеспечивающие быстрое восстановление электрической прочности межконтактных промежутков. Через маслonaполненные фарфоровые вводы 2 ток по проводнику внутри ввода подводится к неподвижной части контакта 11. Каждый полюс выключателя имеет свой привод 5, служащий для приведения в действие (замыкания и размыкания) подвижных частей главных контактов 11 и 12 внутри дугогасительных камер 7 и

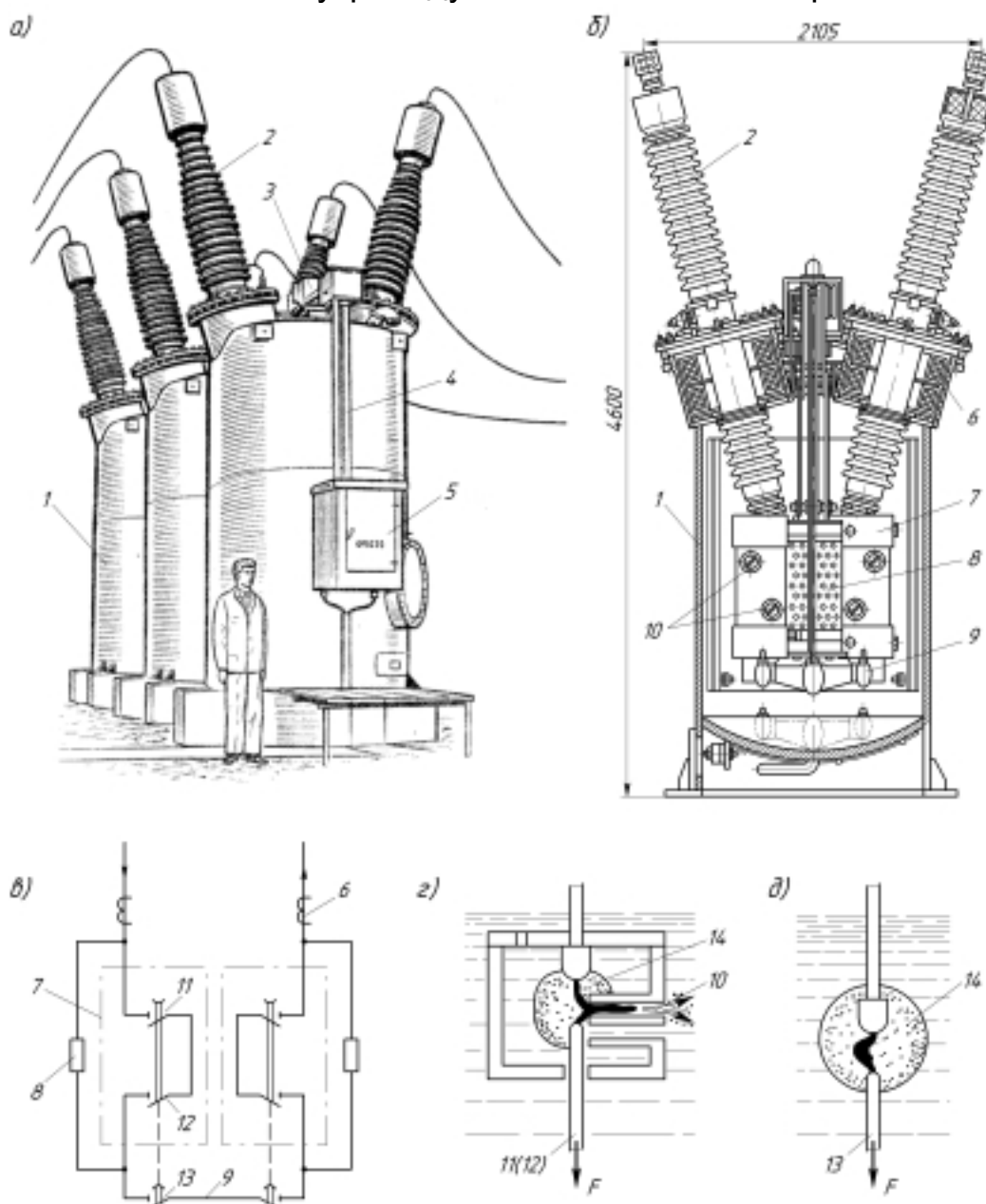


Рис. 5.12. Масляный выключатель с большим объемом масла типа У-220: общий вид (а), разрез по баку выключателя (б), принципиальная схема полюса выключателя (в), метод гашение дуги между контактами в дугогасительных камерах (г) и между нижними контактами в открытом масле (д)

вспомогательных контактов 13, размещенных за пределами камер внизу бака непосредственно в масле. Передача усилий от привода к контактам осуществляется через валы 3, 4 и траверсу 9.

Отключение тока такими выключателями производится в два этапа. Сначала при размыкании двух пар главных контактов 11 и 12, (рис. 5.12, в), размещенных в дугогасительных камерах 7 (рис.5.12, б и в) в цепь тока к.з. вводятся токоограничивающие резисторы 8, шунтирующие эти контакты. За счет этого снижаются величина и мощность тока к.з. После этого ограниченный ток к.з. уже окончательно разрывается контактами 13, размещенными внизу траверсы 9.

Разрыв дуги между контактами 11 и 12 в дугогасительных камерах 7 производится с использованием метода поперечного масляного дутья (рис.5.11, г). Этот метод основан на том, что образующийся под действием тепла дуги газовый пузырь паров трансформаторного масла 14 при движении подвижного контакта 11 вниз выдувает дугу в поперечном направлении в щели 10 (см. рис.5.12 б и г), охлаждает ее, чем обеспечивает быстрое восстановление электрической прочности межконтактного промежутка. Окончательный разрыв уже ограниченного тока контактами 13, производится методом простого гашения дуги в масле (рис. 5.12, д).

Большие габариты выключателя и заполненная маслом изолирующая среда позволяет здесь же на вводах выключателя разместить и трансформаторы тока 6, используемые для питания токовых цепей защиты, контролирующей исправность цепей, питаемых через выключатель, и обеспечивающей подачу сигнала на отключение выключателя при коротких замыканиях или недопустимых перегрузках цепи.

Маломасляные выключатели имеют существенно меньшие габариты. Ниже, в качестве примера (см. рис.5.13) приведены габаритные и установочные размеры трехфазного маломасляного выключателя типа ВМТ-110, которым в последнее время оснащались РУ-110 тяговых подстанций с первичным питающим напряжением 110 кВ. Все полюса выключателя размещены на общем основании (раме) 5. Каждый полюс выключателя (рис.5.12, а) выполнен в виде колонки, состоящей из двух изоляторов 2 и 3. Собственно выключатель каждой фазы размещен внутри верхнего изолятора 3 колонки, залитой маслом, и выполнен в виде так называемой дугогасительной камеры продольного масляного дутья (рис.5.13, б).

Метод продольного масляного дутья основан на том, что газовый пузырь паров масла 9, образующийся в процессе гашения тока под действием тепла электрической дуги 8 при движении подвижного контакта 10 вниз отнимает у дуги тепло, охлаждает ее и тем самым обеспечивает быстрое нарастание электрической прочности межконтактного промежутка. Избыток масла выталкивается вниз, в зазор между подвижным контакстом 10 и корпусом дуго-гасительной камеры 11. Уровень масла в верхних колонках изоляторов можно отследить по маслоуказателю 4.

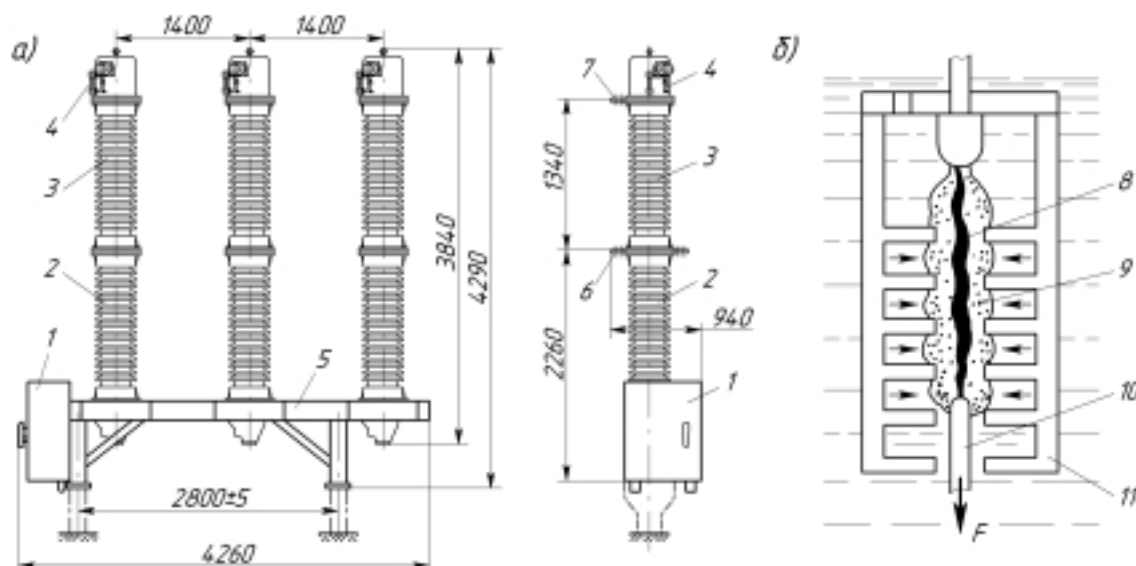


Рис. 5. 13. Маломасляный выключатель типа ВМТ-110: габаритные размеры (а) и метод гашения дуги между контактами в дугогасительной камере (б)

Нижний изолятор 2 колонки обеспечивает изоляцию фазы выключателя от земли и, кроме того, служит основанием, внутри которого проходит изолирующая тяга, соединенная с подвижным контактом 10 (рис.5.13, б) и, в свою очередь, приводимая в движение приводом выключателя 1 (рис.5.13, а). Присоединение выключателя к сети производится через контактные зажимы 6 и 7.

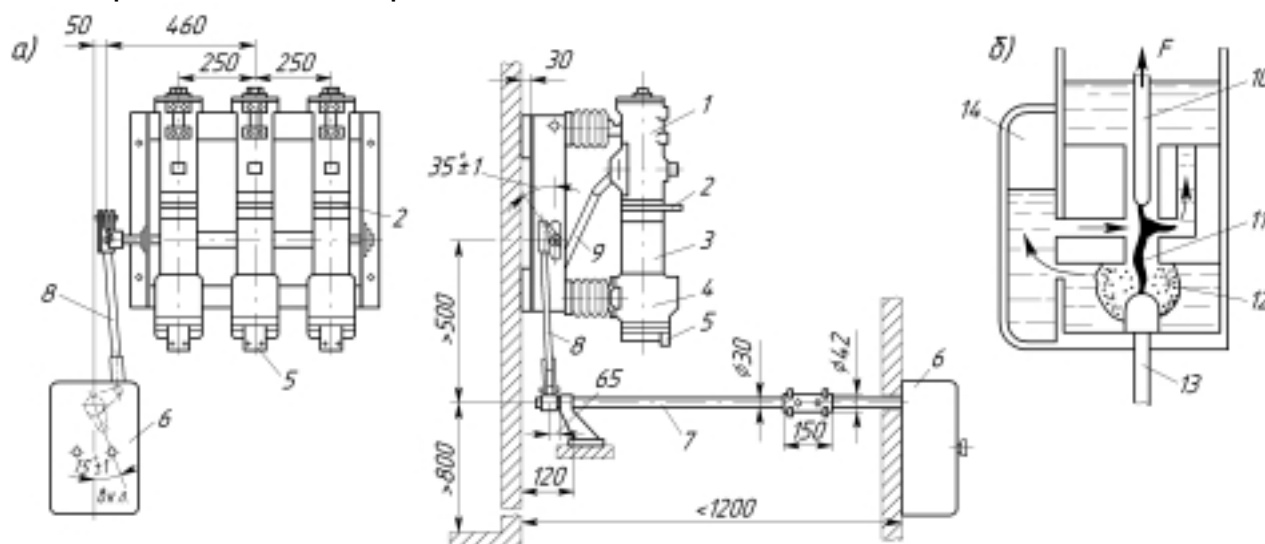


Рис. 5.14. Маломасляный выключатель типа ВМП-10: габаритные размеры (а) и метод гашения дуги между контактами в дугогасительной камере (б)

Малообъемные масляные выключатели на напряжение 10 кВ, например ВМП -10 (рис. 5.14), конструктивно выполнены несколько иначе. Неподвижный контакт полюса выключателя 13 (рис. 5.13, б) расположен в нижней металлической части бачка выключателя 4 (рис. 5.14, а), а подвижный 10 – в верхней части 1, также металлической. Верхняя и нижняя части разделены изолирующей вставкой 3, в которой располагается дугогасительная камера продольно-поперечного дутья. Подвижные контакты всех трех полюсов (фаз) выключателя приводятся в действие одним приводом 6, передающим движение посредством вала 6, рычага 8 и изолирующей тяги 9. В электрическую цепь выключатель подключается посредством контактов 2 и 5. Принцип действия дугогасительной камеры выключателя показан на рис. 5.14, б. В начальный момент отключения выключателя, как и в выключателях рассмотренных выше, между подвижным 10 и неподвижным 12 контактами камеры образуется электрическая дуга 11. Под действием тепла, выделяемого дугой, образуется газовый пузырь паров трансформаторного масла 12, который не имеет выхода вверх, так как он перекрыт телом подвижного контакта, поэтому под действием газового пузыря масло, которым заполнена нижняя и средняя части бачка выключателя, поднимаясь по пути левой стрелки вверх, сжимает воздух в объеме 14 бачка. В дальнейшем, когда поднимающийся вверх подвижный контакт выключателя 10 откроет канал для выхода масла, оно движется по пути верхних стрелок слева направо, пресекая столб дуги в поперечном направлении, в то время как нижняя часть дуги обтекается газо-паровой смесью снизу вверх вдоль канала дуги. Благодаря этому после распада дуги вблизи перехода тока через естественный нуль межконтактный промежуток быстро восстанавливает электрическую прочность и обеспечивает разрыв тока в цепи.

Вакуумные выключатели. В последнее время в электрических цепях напряжением 6 – 35 кВ все чаще используют вакуумные выключатели. Из самого названия ясно, что среда, в которой происходит гашение дуги между контактами этих выключателей – вакуум. Физический процесс гашения дуги в вакууме имеет свои особенности. Рассмотрим их.

При размыкании подвижного и неподвижного контактов выключателя физически размыкаются точки их соприкосновения. Последняя из размыкаемых точек расплавляется, образуя металлический мостик, который под действием тепла, выделяемого током, быстро нагревается до температуры кипения и со взрывом испаряется. Образовавшееся при этом облачко паров металлов под действием того же тепла оказывается частично ионизированным и между контактами в камере загорается дуга.

Давление внутри области, занимаемой парами металлов, существенно выше, чем в разреженном окружающем пространстве камеры. Вследствие этого процессы деионизации вблизи естественного нуля тока после момента времени t_3 (см. рис.5.11) протекают чрезвычайно интенсивно в основном за счет диффузии ионизированных частичек паров металлов в окружающее разреженное пространство (вакуум). В результате очень быстро восстанавливается электрическая прочность межконтактного промежутка и поэтому уже в конце первого, максимум второго периода после размыкания контактов дугогасительной камеры, ток через нее прерывается.

Применение вакуумных выключателей наиболее перспективно в тех электроустановках, где используются в полной мере их достоинства: быстрота действия, длительный срок службы без ремонта при частых отключениях, небольшие размеры и масса. К таким установкам относятся, в частности, тяговые сети электрических железных дорог переменного тока, где частота отключения фидеров, вследствие большей вероятности повреждения контактной сети, на один — два порядка превышает частоту отключений питающих линий промышленных трехфазных сетей и где быстрое отключение уменьшает вероятность пережога контактных проводов.

Рассмотрим некоторые конструктивные особенности трехфазного вакуумного выключателя типа ВВРТ-10 на напряжение 10 кВ (рис. 5.15, а).

Сердцем такого выключателя является вакуумная камера (см. рис. 5.15, б). Корпус камеры состоит из двухсекционного стакана-изолятора 1, вакуумно-плотно приваренного к медным металлическим

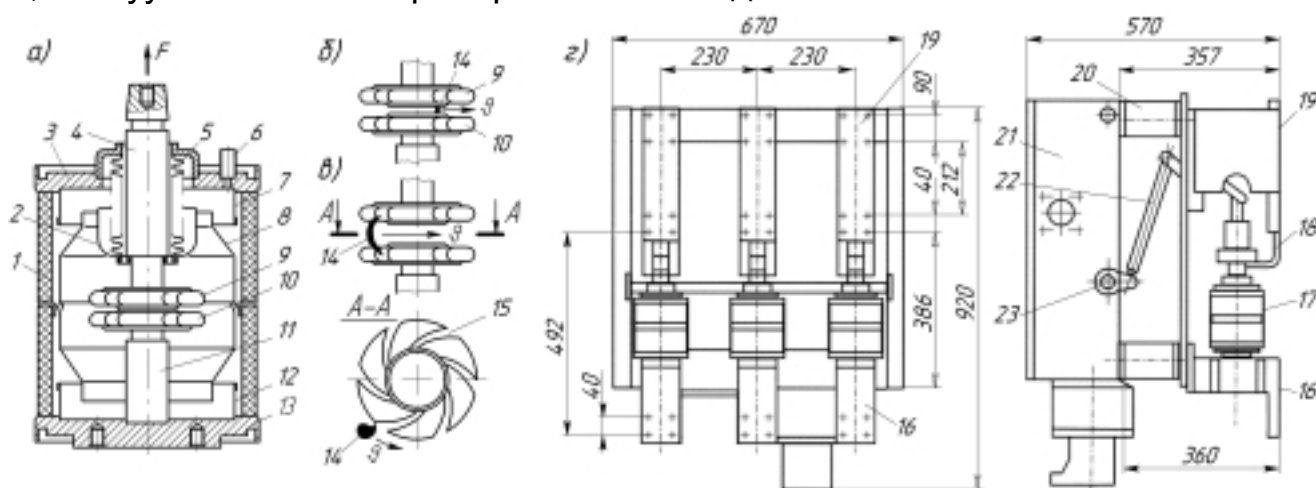


Рис. 5.15. Вакуумный выключатель типа ВВРТ-10: конструкция вакуумной камеры (разрез) (а), метод гашения дуги между контактами камеры (б, в) и габаритные размеры выключателя (г)

фланцам 3 и 13, на которых установлены подвижный 9 и неподвижный 10 медные легированные контакты. Токоввод подвижного контакта 4 выведен наружу через гофрированную стальную трубку — сильфон — 5, а токоввод неподвижного контакта укреплен на фланце

13.

Для защиты стаканов-изоляторов 1 от частичек металла, распыляемых при взрыве металлических мостиков в момент образования дуги между контактами, они окружены системой экранов, на которых эти частички оседают. Экраны 7 и 12 потенциальные, 8 - беспотенциальный. Защитный экран 2 предохраняет от прожигания дугой трубку сильфона.

При изготовлении камера проходит специальную вакуумно-термическую обработку: ее прогревают и через патрубок 6 откачивают воздух. Патрубок заваривают при разрезании в камере до давления не выше 10^{-2} Па. Благодаря такой обработке в камере в течение всего срока службы поддерживается достаточно высокое разрежение (вакуум).

Форму контактов выбирают такую, при которой обеспечивается автоматическое и очень быстрое перемещение дуги 14, возникающей между контактными площадками (рис. 5.15, б), за их пределы, чтобы не изнашивать площадки. Один из вариантов выполнения таких контактов приведен на рис. 5.15, в. Перемещение дуги 14 за пределы контактных площадок, а затем круговое перемещение ее между боковыми частями контактов обеспечивается магнитным полем тока дуги за счет вырезов 15 в боковых частях контактов.

Три вакуумных камеры 17 (рис. 5.15, г) через изоляторы 20 укреплены на общей станине 21 и синхронно приводятся в действие с помощью вала 23 и изолирующих тяг 22. В электрическую цепь выключатель включается в местах 16 и 19, причем подвод тока к подвижным контактам камер осуществляется посредством пакета медных листов 18. Вакуумный выключатель приводится в действие с помощью привода, аналогичного тому, которым приводился в действие маломасляный выключатель ВМП-10 (см. рис. 5.14).

Высоковольтные выключатели постоянного тока

Отключение постоянного тока представляет более трудную задачу, чем переменного. Для отключения переменного тока нужно было (см. выше), разомкнув контакты выключателя, получить электрическую дугу между ними и обеспечить условия быстрого восстановления электрической прочности межконтактного промежутка вблизи перехода тока через естественный нуль тока, неизбежно наступающий 100 раз в секунду (см. выше, рис. 5.11). Однако при отключении постоянного тока нужно, разомкнув контакты и получив электрическую дугу, вначале тем или иным способом ограничить нарастание тока, а затем уменьшить ток в цепи до значения, при котором дуга начнет самопроизвольно распадаться из-за недостаточной термической ионизации промежутка, и уже затем обеспечить условия восстановления электрической прочности межконтактного промежутка.

Практически первая часть задачи может быть осуществлена, если обеспечить такие условия горения электрической дуги, при которых ее сопротивление начнет резко возрастать от нуля до очень большого,

но конечного значения. Задача осложняется тем, что сделать это нужно очень быстро, иначе ток в цепи при близком к.з. недопустимо возрастет до таких значений, при которых выключатель уже не сможет его отключить. При этом в месте к. з. произойдут большие разрушения. По этой причине в цепях постоянного тока используются исключительно так называемые **быстродействующие выключатели**, которые позволяют даже самые большие токи близких к подстанции коротких замыканий, установившиеся значения которых могут достигать $35 \div 50$ кА, отключать за время $25 \div 40$ мсек.

Конструктивно современный быстродействующий выключатель постоянного тока типа 2 х ВАБ-49 состоит из следующих основных узлов (рис. 5.16, а): дугогасительной камеры 1, электромагнитного привода 2, электрически изолированного от дугогасительной камеры. В электрическую цепь выключатель подключается выводами 3 и 4. Для реализации необходимого быстродействия и повышения надежности действия выключатель разделен на два аналогичных блока, соединяемых последовательно (см. рис.5.16, а), каждый из которых способен самостоятельно отключить ток короткого замыкания.

Устройство дугогасительной камеры 1 выключателя показано на принципиальной схеме рис. 5.16, б. В нижней части камеры, заключенной между изолирующими стенками, размещены подвижный 9 и неподвижный 10 контакты выключателя. Неподвижный контакт 10 представляет единое целое с разгонным рогом 11, а подвижный 9 соединен с разгонным рогом 7 с помощью гибкой связи 8. Остальная часть камеры слева и справа заполнена двумя рядами стальных пластин 6, разделенными промежуточным разгонным рогом 5.

Отключение тока к. з. выключателем постоянного тока. Рассмотрим процесс отключения короткого замыкания, произошедшего вблизи от тяговой подстанции некоторого характерного участка электрифицированной железной дороги. Для наглядности сравним кривые изменения тока во времени для случая, когда короткое замыкание не отключается и ток к.з. достигает своего максимального установившегося значения (кривая 12 на рис.5.16, в) и когда происходит отключение короткого замыкания быстродействующим выключателем (кривая 13).

Короткое замыкание начинается при $t = 0$. К моменту времени t_1 ток к. з. в цепи i достигает значения I_y , называемого уставкой выключателя по току. При этом значении тока выключатель начинает процесс отключения, однако контакты выключателя размыкаются некоторое время спустя – в момент времени t_2 . Отрезок времени $t_2 - t_1 = t_c$ затрачивается на преодоление электрической и механической инерции механизма привода выключателя и называется собственным временем выключателя. У современных быстродействующих выключателей постоянного тока собственное время выключателя $t_c = 3 \div 6$ мсек.

В момент t_2 между контактами выключателя появляется электрическая дуга, сопротивление которой стремительно растет. Это происходит в результате движения дуги вверх (см. последовательные положения дуги по времени I – II – III) под действием магнитного поля, создаваемого специальной катушкой магнитного дутья (на рис. 5.16 не показана) и самими стальными пластинами 6 камеры 1.

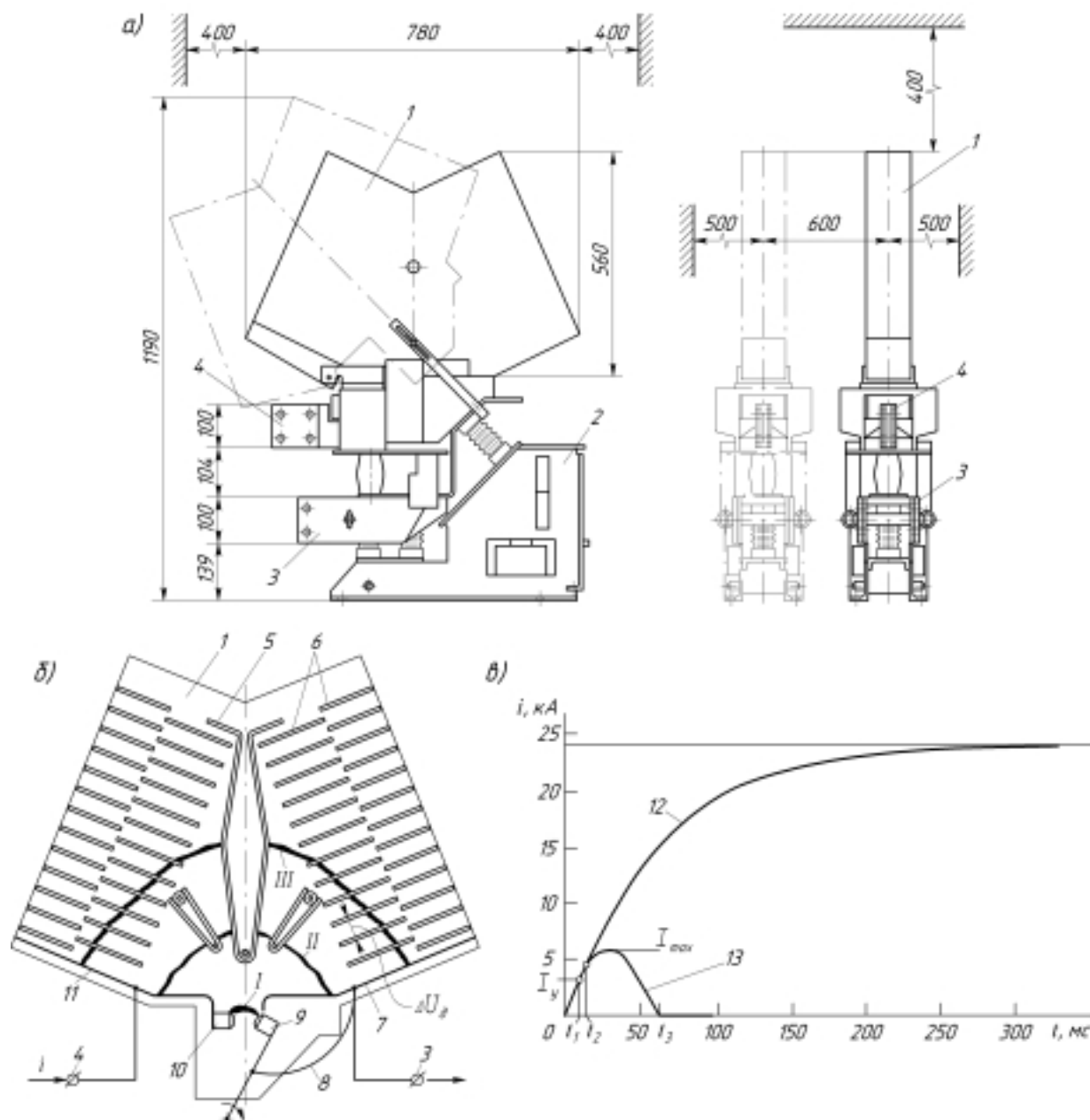


Рис. 5.16. Быстродействующий выключатель 2хВАБ-49: габаритные размеры (а), принцип гашения дуги в дугогасительной камере (б) и кривые изменения тока фидера контактной сети при близком коротком замыкании 12 и при отключении этого короткого замыкания фидерным выключателем 13 (в)

Магнитное поле направлено в плоскость чертежа перпендикулярно ему, поэтому при направлении тока через выключатель слева направо (см. рис.5.16, б) дуга под действием электродинамических сил, согласно правилу левой руки, движется в плоскости чертежа

вверх, разбиваясь на отдельные отрезки дуги (см. положение дуги *III*) между стальными пластинами камеры 6. На каждой такой короткой дужке образуется падение напряжения, равное сумме анодного и катодного падений напряжения, равное $30 \div 50$ В и направленное против напряжения выпрямителей тяговой подстанции (*VI*, см. схему рис.5.5). По мере подъема дуги вверх и заполнения дугой все новых и новых промежутков между стальными пластинами 6, суммарное падение напряжения на всей дуге выключателя растет и в конце концов начинает превышать значение напряжения источника питания – преобразователей подстанции (*VI* рис.5.5). Вначале падение напряжения на дуге ограничивает рост тока в цепи до значения $I_{\max}$, а затем начинает уменьшать ток до нуля. Где-то вблизи момента времени t_3 ток через дугу становится настолько малым, что число электронов, выделяемых в ней в единицу времени за счет тепла (термоэлектронная эмиссия), оказывается меньшим, чем необходимо для поддержания тока через дугу. В результате этого за моментом t_3 дуга самопроизвольно распадается, перестает проводить ток и при этом начинает резко возрастать электрическая прочность межконтактного промежутка. Тем самым завершается процесс отключения цепи постоянного тока. Как видим, на последнем этапе процесс аналогичен процессу в цепи переменного тока (см. рис. 5.15).

Такого типа камера, в которой дуга разбивается на ряд отрезков дуги, горящих в промежутках между стальными пластинами, называется дугогасительной камерой типа «деионная решетка».

Следует иметь в виду, что скорость роста сопротивления дуги или адекватного ему падения напряжения на дуге не должны быть чрезмерно большими. По техническим условиям на выключатели постоянного тока падение напряжения на его дуге при отключении им короткого замыкания не должно превышать трех значений максимального напряжения на выходе преобразователей тяговой подстанции, т.е. 12 кВ, иначе это может привести к повреждению электрооборудования электроподвижного состава.

Безопасность работ при обслуживании выключателей обеспечивается соответствующей схемой их включения. Типовая схема включения фазы выключателя переменного тока в электрическую цепь показана на рис.5.17, а, а постоянного тока – на рис.5.17, б.

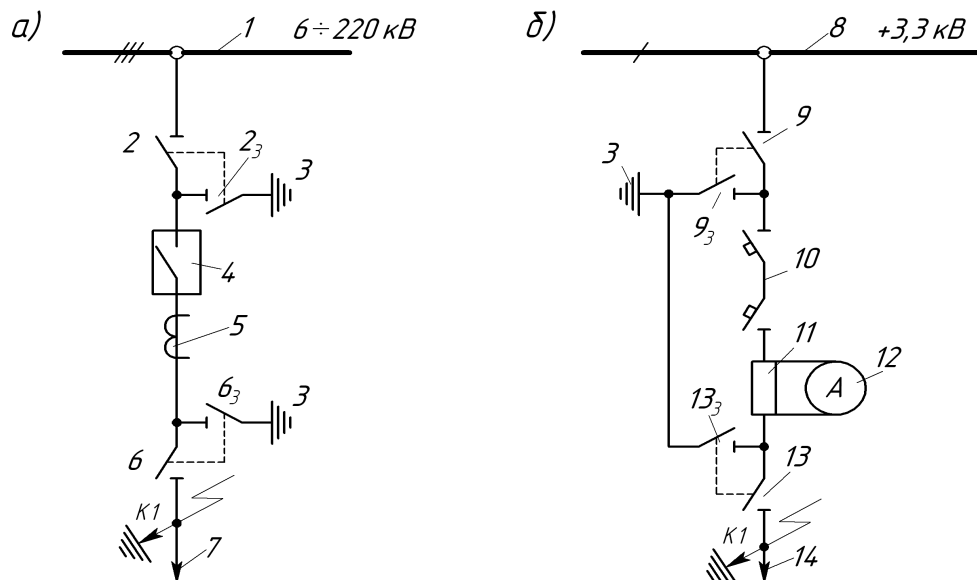


Рис. 5.17. Схемы питающей линии переменного тока (а) и фидера постоянного тока (б)

Выключатель переменного тока 4 с обеих сторон огражден разъединителями с главными 2 и 6 с заземляющими ножами 2₃ и 6₃ соответственно. Разъединители, простейшие конструкции которых напоминают увеличенные в размерах рубильники, ножи и пинцеты которых изолированы от металлического основания фарфоровыми или пластмассовыми изоляторами, позволяют отсоединить разорванную выключателями цепь от источников напряжения сверху (сборные шины распределительного устройства 1) и снизу, со стороны питаемой линии 7. Однако для осмотра или ремонта выключателя только отсоединения его от всех элементов цепи, на которых есть напряжение, считается абсолютно недостаточным, поскольку случайное перекрытие отключенных разъединителей проводниками или же их несанкционированное включение приводит к появлению на осматриваемом выключателе напряжения относительно земли, смертельного для работающих на выключателе людей. Обеспечить безопасность работ можно, заземлив место работ (осматриваемый выключатель), т.е. соединив его со всех сторон с землей 3. Такое соединение обеспечивается заземляющими ножами разъединителей 2₃ и 6₃. При включенных заземляющих ножах случайная подача напряжения на выключатель не страшна, так как потенциалы земли и фаз выключателя оказываются практически одинаковыми.

Следует иметь ввиду, что при наличии заземляющих ножей должна быть исключена и другая опасность: случайное или ошибочное включение заземляющего ножа при включенном главном ноже разъединителя (например 3 при включенном 2) или главного ножа при включенном заземляющем ноже («при включенном 3»), так как в этих случаях образуется цепь короткого замыкания через заземляющие ножи, что приводит к отключению выключателя линии, по которой получают питание сборные шины. При этом, естественно, теряют питание и все другие потребители, присоединенные к сборным

шинам. Это является серьезной аварией. Чтобы не допустить этого главные и заземляющие ножи блокируются, т.е. конструктивно связываются таким образом, что одновременное включение главных и заземляющих ножей исключается. О наличии такой блокировки говорит пунктирная линия на схеме, соединяющая главные и заземляющие ножи.

Аналогичным образом строится и схема фидера контактной сети постоянного тока рис. 5.17, б. Здесь выключатель постоянного тока 10, выполненный в виде двух последовательно-соединенных выключателей, резервирующих друг друга, также огражден с двух сторон разъединителями 9 и 13 с заземляющими ножами 9_3 и 13_3 . В качестве датчика тока, протекающего по фидеру, используется калиброванный резистор 11 (измерительный шунт), падение напряжения на котором пропорционально величине протекающего тока.

5.4. Контактные сети и железнодорожные высоковольтные линии электропередачи

Контактная сеть - основная часть тяговой сети, которая обеспечивает передачу энергии от тяговой подстанции к движущемуся э.п.с. Для осуществления этого прежде всего необходимо создать цепь тока через двигатели э.п.с. Последнее будет возможно, если обеспечить надежный непрерывный скользящий контакт между контактной сетью и токоприемником движущегося э.п.с. или, как говорят, если обеспечить надежный непрерывный токосъем с контактной сети.

Ниже рассматриваются только воздушные контактные сети, используемые на магистральном железнодорожном транспорте. В общем случае они состоят из совокупности проводов различного назначения, среди которых главный - контактный провод, а также изоляторов, поддерживающих и опорных конструкций. Контактный провод является главным проводом контактной сети потому, что именно с ним контактирует токоприемник движущегося э.п.с. От расположения контактного провода в пространстве зависит обеспечение надежного, непрерывного токосъема с контактной сети.

Согласно требованиям ПТЭ устройства контактной сети не должны ограничивать наибольшие скорости движения электрических поездов, установленных графиком движения. Для удовлетворения этих требований контактная сеть прежде всего должна быть выполнена таким образом, чтобы надежный и непрерывный токосъем с контактной сети обеспечивался при любых расчетных погодных условиях в пределах расчетных скоростей движения. Сделать это совсем не просто, так как через скользящий контакт движущегося токоприемника с контактным проводом проходят большие тяговые токи (до 4000 А при системе постоянного и до 600 А при системе переменного тока). Чтобы такой

контакт был непрерывным, токоприемник поджимается к контактному проводу силами установленных на нем пружин.

Без особых усилий удастся обеспечить надежный токосъем лишь при небольших скоростях движения поездов (до 60 км/ч). Однако при высоких скоростях движения (свыше 120 км/ч) добиться качественного токосъема трудно, так как на взаимодействии токоприемника и контактного провода начинают сказываться любые отклонения траектории точки скользящего контакта от прямолинейной, параллельной плоскости рельсов. При этом все большую роль начинает играть состояние окружающей среды: температура, влажность, сила и направление ветра и т. д. Например, встречный поток воздуха в зависимости от его направления по отношению к поверхности токоприемника (снизу вверх или сверху вниз) создает дополнительные усилия, увеличивающие или уменьшающие нажатие токоприемника на контактный провод и это сразу же сказывается на прямолинейности траектории точки скользящего контакта.

Условия токосъема дополнительно осложняются при повышении температуры, так как это приводит к удлинению всех проводов контактной сети и, как следствие, к провисанию контактного провода. Существенно ухудшает условия токосъема (особенно при больших скоростях движения) гололед на проводах контактной сети. Влияние его в какой-то мере эквивалентно увеличению температуры воздуха, поскольку также приводит к удлинению проводов контактной сети и дополнительному провисанию контактного провода. Гололед, кроме того, увеличивает сопротивление скользящего контакта, делает его непостоянным. Это приводит к искрению между контактным проводом и токоприемником, которое вызывается появляющимися и гаснущими короткими электрическими дугами. Искрение быстро изнашивает поверхность скольжения на контактном проводе и медные контактные пластины токоприемника, набрызгивая на них расплавленные капли меди от контактного провода или выкрашивая их, если контактные пластины угольные (графитовые). При толстой корке гололеда возможен полный отрыв токоприемника от контактного провода. Если такой обрыв достаточно длителен (1-2 с), то возобновление контакта приводит к появлению резких рывков тягового усилия электровоза.

Особо неприятно сказывается на токосъеме суммарное воздействие сразу нескольких осложняющих факторов, например, бокового ветра на провода контактной сети при гололеде. В этом случае может наблюдаться «выдувание» контактного провода с рабочей поверхности токоприемника, что приводит к его поломкам и даже к обрывам контактного провода.

На работу контактной сети оказывают влияние и такие факторы, как запыленность воздуха, загрязнение его, насыщенность солями в районах морских побережий, интенсивность солнечной радиации и др. Действуя в различных сочетаниях, особенно при повышенной влажности, эти факторы приводят к развитию коррозионных процессов в устройствах контактной сети, к нарушению работы изоляции, росту износа контактного провода и контактных пластин токоприемников.

Контактная сеть относится к числу тех редких технических устройств, которые не имеют резерва. При повреждениях ее на одном из путей движение по этому пути должно быть остановлено на время ремонта и восстановления работоспособности сети. В некоторых случаях можно организовать движение по другим путям, но это, как правило, приводит к нарушению графика движения и определенному народнохозяйственному ущербу, связанному с задержками поездов.

Указанные обстоятельства позволяют сформулировать требования к контактной сети, которым она должна удовлетворять. Очевидно контактная сеть должна:

- обеспечивать бесперебойное движение поездов с установленными нормами, скоростями и интервалами между поездами при требуемых размерах движения;
- противостоять воздействию различных расчетных климатических и эксплуатационных факторов, сохраняя при этом достаточный запас надежности в работе;
- иметь простую конструкцию, состоящую из высоконадежных легкозаменяемых узлов, позволяющих обеспечить быстрое восстановление работоспособности при повреждениях;
- обладать высокой долговечностью и требовать минимальных расходов на эксплуатационное обслуживание;
- иметь возможно меньшую строительную и монтажную стоимость при минимальном расходе дефицитных материалов.

На железных дорогах имеется большое количество высоковольтных линий электропередачи (ВЛ), непосредственно не связанных с токосъемом, которые выполняют самые различные функции: подводят электропитание к тяговой сети (фидеры контактной сети и рельсовые фидеры); обеспечивают электроснабжение нетяговых потребителей (линии ДПР, ВЛ продольного электроснабжения); усиливают сечение контактной сети (усиливающие провода); подводят электропитание к устройствам СЦБ и связи (ВЛ СЦБ); обеспечивают освещение станций и остановочных пунктов (осветительные ВЛ) и др.

На работу таких ВЛ, как и на контактные сети, большое влияние оказывают различные метеорологические факторы. Повышение температуры окружающего воздуха и ветер могут способствовать нарушению вертикальных и горизонтальных габаритов и установленных нормами расстояний от находящихся под напряжением проводов ВЛ до земли или каких-либо сооружений (пассажирские платформы, служебные здания, осветительные мачты, искусственные сооружения и др.). Понижение температуры так же, как и интенсивный гололед, могут привести к обрывам проводов и перерывам в питании потребителей электрической энергии на время, необходимое для устранения повреждений. Поэтому для потребителей электрической энергии, перерыв в питании которых недопустим даже на короткий промежуток времени (например, устройства СЦБ и связи), необходимо предусматривать

резервное питание. Из сказанного ясно, что к железнодорожным ВЛ предъявляются такие же высокие требования, как и к контактным сетям, за исключением требований токосяема.

Для создания условий токосъема контактный провод должен быть тем или иным способом подвешен над железнодорожным путем. Наиболее часто используют два вида подвешивания контактного провода: простое и цепное.

При простом подвешивании контактного провода или, как говорят, при простой подвеске (рис. 5.18,а) контактный провод 1 подвешивается непосредственно к конструкциям 4 опор контактной сети 2. Конструкции изолированы от опор изоляторами 3 и 5 и обеспечивают определенное расположение провода относительно оси пути и возможность некоторого его подъема (эластичность подвески) при проходе токоприемника под точкой подвешивания. Простую подвеску контактного провода еще называют трамвайной, так как она чаще всего используется в тяговых сетях городского электрифицированного транспорта, где скорости движения невелики и удастся достичь приемлемых условий токосъема, несмотря на большое провисание провода в середине пролета между опорами контактной сети. Несомненно токосъем с простой подвески можно улучшить, увеличивая силу натяжения провода или уменьшая расстояния между опорами контактной сети. Однако увеличивать силу натяжения провода можно только до известных пределов, ограничиваемых прочностью провода. Уменьшение же расстояния между опорами экономически невыгодно. По указанным причинам на железных дорогах простую подвеску применяют только на второстепенных путях станций и путях депо.

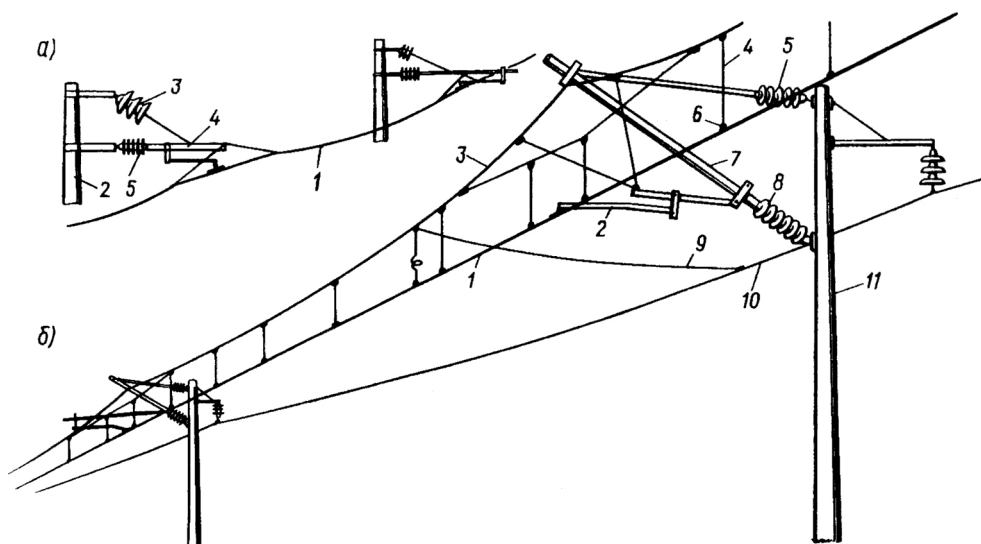


Рис. 5.18. Схема простой (а) и цепной (б) подвесок контактного провода

Для больших скоростей движения идеальным явилось бы такое подвешивание контактного провода, при котором траектория точки

скользящего контакта движущегося токоприемника с контактным проводом прямолинейна и проходит параллельно плоскости рельсов.

Приближенно этого можно достичь при цепном подвешивании контактного провода или, как говорят, при цепной подвеске (рис. 5.18,б), когда на конструкциях 7 опор контактной сети 11 сначала подвешивается вспомогательный провод - несущий трос 3, к которому с помощью струн 4 на зажимах 6 подвешивается контактный провод 1. Расположение провода относительно оси пути фиксируется фиксаторами 2. Несущий трос и контактный провод изолированы от опоры изоляторами 5 и 8. Необходимого расположения контактного провода относительно плоскости рельсов удастся добиться регулировкой длины струн и автоматической регулировкой натяжения контактного провода. Правда, это возможно только при неизменной температуре воздуха. При более высокой или низкой температуре из-за удлинения или укорачивания несущего троса будет наблюдаться соответственно провисание или поджатие контактного провода с максимальными значениями в середине пролета. Эти отклонения существенно меньше, чем у простой подвески. Важно и то, что необходимые натяжения контактного провода у цепной подвески ниже предела прочности провода, что обеспечивает ему значительно большую стойкость при воздействии электрической дуги (например, при коротких замыканиях на э.п.с.). На электрифицированных железных дорогах основное применение нашли цепные подвески, так как, совершенствуя различные узлы, можно добиться оптимального для качественного токосъема расположения контактного провода относительно плоскости рельсов.

Подвеска проводов других линий: например, усиливающих проводов контактной сети 10, питающих и рельсовых фидеров, железнодорожных высоковольтных линий (ВЛ и др.), располагаемых, как правило, на опорах контактной сети с полевой стороны или на отдельно стоящих опорах - простая, отличающаяся, однако, тем, что в каждой точке подвешивания провод крепится к подвесному или опорному изолятору.

В контактных сетях и ВЛ применяют провода различной конструкции, выполненные из разных материалов. *Контактные провода* должны иметь высокую механическую прочность, быть износоустойчивыми, неподверженными коррозии и обладать высокой электрической проводимостью. Контактные провода различают по форме, поперечному сечению и материалу (рис. 5.19). Изготавливают контактные провода в основном из твердотянутой электролитической меди, что придает им большую механическую прочность. Однако даже кратковременное (в течение нескольких секунд) воздействие электрической дуги при токах свыше 2000 А приводит к разупрочнению (отжигу) проводов и потере ими первоначальных механических свойств. То же действие оказывают длительно протекающие токи нагрузки, значения которых превышают допустимые. Наибольшее распространение получили провода марки МФ (М - медный, Ф - фасонный). Для крепления на проводах различных зажимов

(например зажима 6 на рис. 5.18,б) предусмотрены два продольных паза, из-за которых их и называют фасонными. Различают провода круглого (рис. 5.19,а) и овального (рис. 5.19,б) профилей. Применяют в основном контактные провода с поперечным сечением 85, 100 и 150 мм². Наиболее распространенный провод МФ-100 имеет размеры A и H соответственно 12,8 и 11,8 мм.

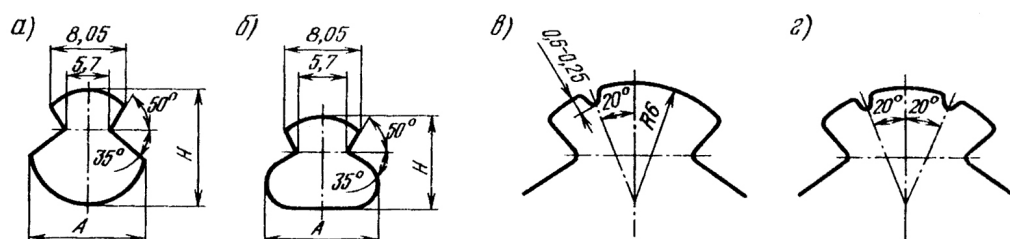


Рис. 5.19. Профили контактных проводов (а, б) и расположение канавок на бронзовых (в) и низколегированных контактных проводах (г)

Для повышения износостойкости, механической прочности и сопротивляемости разупрочнению при нагреве рекомендуется применение бронзового контактного провода марки БрФ. Небольшая присадка (до 1%) кадмия, магния, хрома, циркония и других металлов улучшает в разной степени механические характеристики этого провода, но ухудшает

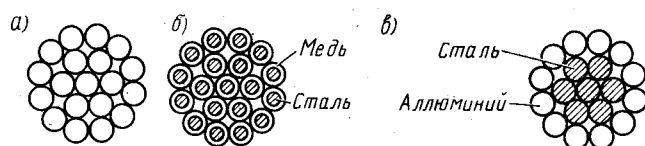


Рис. 5.20. Конструкции многопроволочных проводов

электрические параметры, что ограничивает его применение на участках с интенсивным движением поездов. Кроме того, этот провод имеет значительно большую стоимость, чем медные. Более перспективен низколегированный бронзовый контактный провод марки

НЛФ, такого же профиля, как и БрФ. В качестве легирующего компонента в нем используют магний, цирконий, олово, кремний и титан, а в некоторых зарубежных странах и серебро (ФРГ, Япония и др.), добавляемые в количестве не более 0,04-0,06 %. Электрические параметры такого провода не хуже, чем у медных, а механические - существенно лучше. К тому же он значительно дешевле бронзового провода марки БрФ.

Для отличия медных проводов от бронзовых и низколегированных бронзовых на последних предусмотрены отличительные канавки в верхней части сечения: для бронзовых - одна, а для низколегированных бронзовых - две, расположенные симметрично относительно вертикальной оси сечения (рис. 5.19,в,г).

На участках, подверженных сильным ветровым воздействиям, могут быть применены провода овального профиля (МФО, БрФО), имеющие лучшие аэродинамические характеристики по сравнению с круглыми проводами, что повышает ветроустойчивость контактных проводов (см. рис. 5.19,б).

Несущие тросы цепных подвесок должны быть более упругими и гибкими нежели контактные провода, иметь высокую механическую прочность, незначительно изменять длину при колебаниях температуры, быть устойчивым к коррозии и обладать достаточной электрической проводимостью. Для несущих тросов используют многопроволочные провода, свитые из 7 или 19 проволок. На главных путях станций и перегонах дорог постоянного тока применяют несущие тросы, свитые из медных проволок марки М сечением 95 и 120 мм² (рис. 5.20,а). Они обладают высокой электрической проводимостью и устойчивостью к коррозии, однако существенно изменяют длину при колебаниях температуры и имеют меньшую механическую прочность по сравнению с биметаллическими проводами. Поэтому в цепных подвесках тех путей, где тяговые токи незначительны, и на участках переменного тока применяют биметаллические несущие тросы ПБСМ-70 (95) (ГОСТ 4775—75), ПБСМ-70 (95). Они свиты из отдельных биметаллических проволок, каждая из которых имеет стальную сердцевину, покрытую тонким слоем меди (рис. 5.20,б). С целью экономии меди на тех участках, где допустимо иметь большее сопротивление контактной сети, в качестве несущих тросов могут быть применены биметаллические сталеалюминевые провода марки ПБСА-50/70 (рис. 5.20,в).

Фидеры контактной сети и рельсовые фидеры должны иметь электрическую проводимость не меньшую, чем проводимость контактной сети и при этом быть достаточно прочными и дешёвыми. Этим условиям более всего отвечают алюминиевые провода марки А сечением 150 и 185 мм².

Усиливающие провода контактной сети (см. рис. 5.18,б, 10) должны быть достаточно прочны и дешевы. Для них чаще всего также используют алюминиевые провода марки А сечением 150 и 185 мм².

Электрические соединители (см. рис. 5.18,б, 9) должны обеспечить малое переходное сопротивление между проводами подвески контактного провода и усиливающими проводами и быть достаточно гибкими. Обычно применяют медный неизолированный гибкий провод марки МГ-70 или МГ-95.

Струны контактной сети должны обеспечивать беспрепятственный подъем контактного провода токоприемником э.п.с. Пролетные (см. рис. 5.18,б, 4), околоопорные и подрессорные струны изготавливают из биметаллической проволоки марки 4БСМ. Для того чтобы струны не препятствовали подъему контактного провода токоприемником при токосъеме, их выполняют из нескольких звеньев. В последнее время все чаще начинают применять гибкие струны из крученых капроновых канатов диаметром 4-6 мм.

Рессорные тросы контактной сети должны быть прочными и обеспечивать свободный подъем токоприемником участков контактного провода вблизи опор. Для рессорных тросов обычно используют проволоку марки 6БСМ, а также капроновые канаты диаметром 8-10 мм.

Провода ВЛ имеют сечение 20-35 мм² в медном эквиваленте. Однако медные провода дороги и малопрочны, так как должны выдерживать гололед и ветер на пролетах длиной 50-80 м. По этой причине более подходящими являются сталеалюминевые провода марки АС сечением 35, 50 или 70 мм² (ГОСТ 839—80).

6. АВТОМАТИКА, СЦБ И СВЯЗЬ

6.1 Автоблокировка, принцип ее работы

Для интервального регулирования движения поездов служат перегонные устройства сигнализации, централизации и блокировки (СЦБ) и связи. Эти системы автоматики и телемеханики обеспечивают безопасность движения и необходимую пропускную способность.

Автоматизированная система управления железнодорожным транспортом (АСУЖТ) включает в себя ряд систем более низкого уровня - сортировочных станций (АСУСС), оперативного управления перевозочным процессом (АСУОП), электроснабжения (АСУЭ) и др. В настоящем разделе рассматриваются устройства автоматики и телемеханики, при помощи которых осуществляется регулирование движения поездов и обеспечивается безопасность их следования по перегонам и станциям. К таким устройствам относятся: автоматическая блокировка; автоматическая локомотивная сигнализация; устройства диспетчерского контроля за движением поездов; автоматическая переездная сигнализация и автошлагбаумы; релейная полуавтоматическая блокировка; электрическая централизация стрелок и сигналов; диспетчерская централизация; средства механизации и автоматизации сортировочных горок.

Поскольку движение поездов и маневровая работа на станциях осуществляются в условиях непрерывно изменяющейся обстановки, то для быстрой передачи на расстояние различных приказов и извещений локомотивным бригадам и другим работникам, связанным с движением поездов, применяют железнодорожную сигнализацию.

В настоящее время основными средствами интервального регулирования движения поездов являются: автоматическая блокировка, автоматическая локомотивная сигнализация, устройства диспетчерского контроля за движением поездов, автоматическая переездная сигнализация и автошлагбаумы, а также полуавтоматическая блокировка, хотя она и не обладает высокими качествами автоматических систем.

Применение путевой блокировки, особенно автоматической, дает возможность обеспечить высокую пропускную способность перегонов за счет деления их проходными сигналами на отдельные участки и движения по принципу единственного поезда на каждом участке пути. Безопасность движения обеспечивается тем, что устройства путевой блокировки не допускают открытия сигнала для пропуска поезда до тех пор, пока участок пути, огражденный этим сигналом, занят другим поездом.

На станциях, оборудованных путевой блокировкой, устанавливают выходные светофоры, и поезд отправляется по открытому показанию сигнала без затраты времени на вручение машинисту особого разрешения. Благодаря этому сокращаются стоянки поездов, увеличивается безопасность движения и возрастает пропускная способность участков.

Автоматическая блокировка является наиболее совершенным современным средством регулирования движения поездов. При автоматической блокировке светофоры автоматически закрываются при входе поезда на ограждаемые ими блок-участки. Для повышения безопасности движения автоблокировка дополняется устройствами автоматической локомотивной сигнализации и автостопами.

Сигнализация служит для обеспечения безопасности движения, а также для четкой организации движения поездов и маневровой работы.

Сигналом называется условный видимый или звуковой знак, с помощью которого подается определенный приказ. Сам сигнал является приказом. Под словом сигнал понимают и сигнальный прибор и его сигнальное показание. Работники железнодорожного транспорта должны использовать все возможные средства для выполнения требования сигнала.

Применяемые на транспорте сигналы по способу их восприятия классифицируют на видимые и звуковые.

Видимые сигналы выражаются цветом огней, щитов, флагов, дисков; числом и взаимным положением сигнальных показаний; режимом горения сигнальных огней и формой переносных сигнальных щитов. Достоинство видимых сигналов заключается в том, что они могут быть переданы на расстояния большие, чем обычно слышны звуковые сигналы.

Звуковые сигналы выражаются числом и сочетанием звуков различной продолжительности. Значение их днем и ночью одно и то же. Для подачи звуковых сигналов служат свистки локомотивов, моторвагонных поездов и дрезин, ручные свистки, духовые рожки, сирены, гудки и петарды. Звуковые сигналы подают по возможности так, чтобы не создавать шума, особенно в населенных пунктах. Поэтому они слышны обычно на сравнительно небольшие расстояния. Подача многих звуковых сигналов требует непременно участия человека.

По времени применения видимые сигналы подразделяют на дневные, подаваемые в светлое время суток и сигнализирующие цветом окраски щита, флага, диска или цветом, режимом горения и сочетанием огней сигнального прибора; ночные, сигнализирующие огнями установленных цветов и подаваемые в темное время суток; круглосуточные, подаваемые одинаково как в светлое, так и в темное время суток и сигнализирующие цветом, режимом горения и сочетанием огней.

Видимые сигналы подаются светофорами, флагами, фонарями, щитами и дисками. Назначение этих приборов, их сигнальные показания, места установки и порядок пользования определены ПТЭ и Инструкцией по сигнализации на железных дорогах РФ.

Видимые сигналы в зависимости от сигнальных приборов, которыми их подают, классифицируют 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, для передачи локомотивным бригадам дополнительных указаний и информации на железных дорогах широко применяют видимые сигнальные указатели и сигнальные знаки. Имеется шесть типов сигнальных указателей: маршрутные, стрелочные, путевого заграждения, гидроколонок, перегрева букс и «Опустить токоприемник». Они извещают о положении определённых устройств - стрелок, гидроколонок и др.

На железных дорогах применяют также разнообразные по назначению и виду сигнальные знаки, которые устанавливают в местах прохода электроподвижного состава с поднятым токоприемником и на участках, где работают снегоочистители и др. Сигнальные знаки требуют от машиниста локомотива определенного действия или сообщают ему определенную информацию. Каждый сигнальный знак в отличие от светофоров и сигнальных указателей, имеющих два и более показаний, имеет только одно сигнальное значение. Сигнальные знаки отличаются и тем, что не имеют собственных источников света, поэтому их размещают так, чтобы при приближении поезда они освещались прожектором. Для лучшей видимости некоторые сигнальные знаки оборудованы отражателями. В качестве постоянных сигналов на железных дорогах применяются светофоры, которые используются во всех системах железнодорожной автоматики и телемеханики. По назначению постоянные сигналы делят на основные и предупредительные. Основные сигналы ограждают станции и блок-участки на перегонах и подают сигналы, которые разрешают или запрещают движение поездов по этим пунктам или участкам. Предупредительные сигналы извещают о приближении к основным сигналам и о их показании.

Основные сигналы, в свою очередь, в зависимости от назначения подразделяются на: входные, ограждающие станции со стороны прилегающих перегонов и служащие для разрешения или запрещения машинисту поезда следовать на станцию; выходные, разрешающие или запрещающие поезду отправиться со станции на перегон; проходные, расположенные на перегонах разрешающие или запрещающие машинисту поезда проследовать на ограждаемые ими участки; маршрутные - для разрешения или запрещения машинисту поезда проследовать из одного района станции в другой; прикрытия - для ограждения мест пересечений в одном уровне железных дорог с другими железными дорогами, трамвайными путями, троллейбусными линиями, а также разводных мостов. Светофоры, кроме того, применяют в качестве маневровых, горочных, повторительных, заградительных и локомотивных.

Основными сигнальными цветами на транспорте являются красный, желтый и зеленый. Их выбор неслучаен. Установлено, что при одинаковой силе света красный огонь лучше виден и искажается меньше, чем другие огни. Поэтому он принят в качестве сигнала остановки. Желтый огонь

близок по частоте колебаний к красному, виднее зеленого; он разрешает машинисту движение и требует снижения скорости. В тумане желтый огонь приобретает красноватый оттенок и благодаря этому его трудно ошибочно воспринимать как зеленый огонь, разрешающий движение с установленной скоростью.

Кроме названных, применяют синий, лунно-белый, прозрачно-белый и молочно-белый сигнальные огни. Синий огонь используют как запрещающий на маневровых светофорах. На проходных светофорах, расположенных на затяжных подъемах, допускается установка условно разрешающего сигнала - щита с отражательным знаком в виде буквы Т. Он разрешает машинисту грузового поезда проследовать светофор с красным огнем со скоростью не более 20 км/ч с особой бдительностью и готовностью немедленно остановить поезд, если встретится препятствие для дальнейшего движения. Лунно-белый огонь применяют как разрешающий маневровый и как пригласительный на входных, выходных и маршрутных светофорах, прозрачно-белый - в ручных фонарях, поездных сигналах, указателях гидроколонок и светящихся указателях перегрева букс. Молочно-белый огонь применяют в стрелочных указателях и указателях путевого заграждения.

Основным сигнальным прибором на железнодорожном транспорте является светофор - оптический прибор, сигнализирующий днем и ночью цветом одного или нескольких огней.

Светофоры подразделяют на линзовые и прожекторные. Линзовые светофоры бывают: мачтовые (рис. 6.1, а), состоящие из металлической или железобетонной мачты и укрепленной на ней головки с линзовыми комплектами; консольные или мостиковые (рис. 6.1, б), у которых головки подвешены над путями на консолях (мостиках) с правой стороны по ходу поезда или над осью пути; карликовые (рис. 6.1, в), у которых светофорная

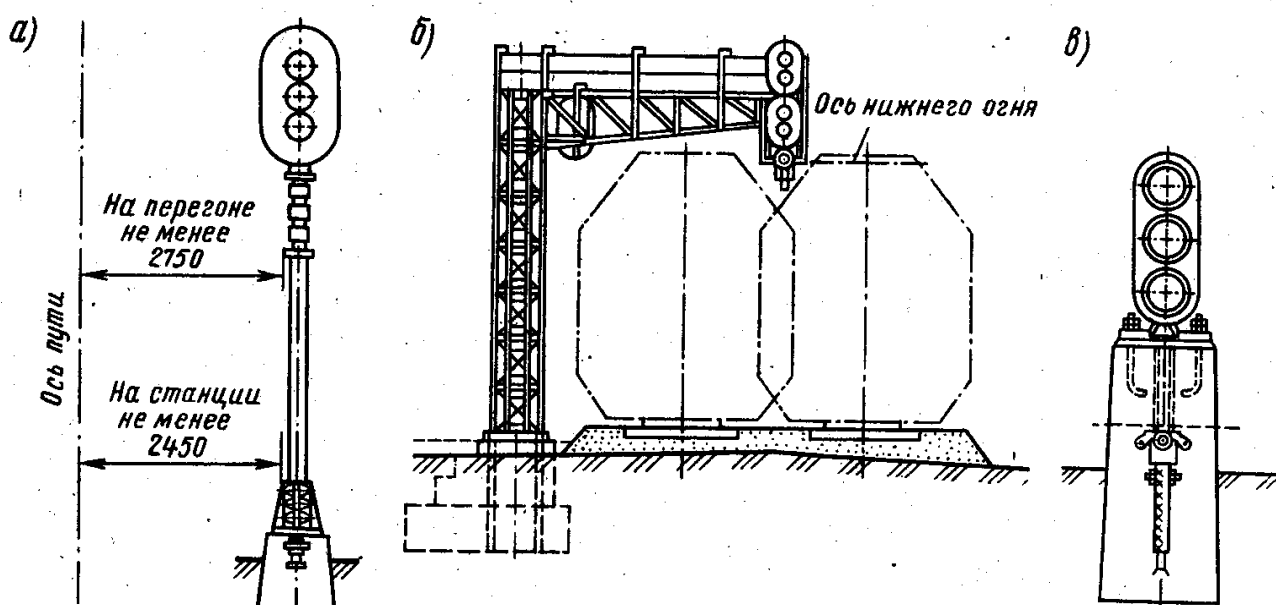


Рис. 6.1. Типы линзовых светофоров: а - мачтовый; б - консольный; в - карликовый

головка без мачты укреплена непосредственно на фундаменте с небольшим наклоном по вертикали, благодаря чему обеспечивается видимость сигнала с локомотива на близком расстоянии. Относительно оси пути светофоры устанавливают в соответствии с требованиями габарита приближения строений. Консольные светофоры применяют, если по условиям габарита нельзя установить мачтовый светофор, а также на электрифицированных дорогах, где опоры контактной сети мешают видимости сигналов.

Карликовые светофоры устанавливают в узких междупутьях и применяют в качестве маневровых и выходных с боковых путей.

Линзовый светофор имеет для каждого огня отдельный линзовый комплект с лампами 15, 25 и 35 Вт при напряжении 12 В. Линзовые комплекты размещены в светофорных головках таким образом, что они отделены друг от друга перегородками, благодаря чему исключено появление ложного сигнального показания от горящей лампы соседнего комплекта.

Головки имеют фоновые щитки для улучшения видимости сигналов и козырьки, защищающие фонари от попадания грязи, снега, солнечных лучей и света локомотивных прожекторов (во избежание искажения сигнальных показаний). В линзовых комплектах светофоров, установленных на кривых участках пути, имеются рассеивающие стекла. Они отклоняют лучи, на 10 или 20° в горизонтальной плоскости в сторону кривой, благодаря чему сигнальные огни светофоров видны в любых точках кривых на расстоянии не менее тормозного пути.

Прожекторный светофор представляет собой мачту, на которой укреплена светофорная головка с круглым фоновым щитом. Для получения трех различных сигнальных огней в головке светофора установлен светофильтр с тремя цветными стеклами, который передвигается прожекторным реле при пропускании через него тока прямой или обратной полярности. Прожекторные светофоры по расходу электроэнергии более экономичны, чем линзовые, но они менее надежны в эксплуатации.

Светофоры устанавливают у железнодорожных путей с правой стороны по направлению движения поездов или над осью ограждаемого пути с учетом габарита приближения строений С. Причем размещают светофоры так, чтобы их показания нельзя было принять за сигналы, относящиеся к смежным путям.

Входные светофоры устанавливают от первого входного стрелочного перевода на расстоянии не ближе 50 м, считая от острья противошерстного или предельного столбика пошерстного стрелочного перевода. На электрифицированных участках входные светофоры устанавливаются перед воздушными промежутками (со стороны перегона), отделяющими контактную сеть перегонов от контактной сети станций, т. е. так, что поезд, остановившийся у закрытого входного светофора, получает питание от контактного провода перегона и, следовательно, его трогание с места и дальнейшее движение будут

обеспечены. Для обеспечения безопасности движения поездов красные, желтые и зеленые огни светофоров входных, проходных, заградительных и прикрытия на прямых участках пути днем и ночью должны быть отчетливо различимы из кабины управления локомотива приближающегося поезда на расстоянии не менее 1000 м.

Минимальные расстояния видимости сигнальных огней зависят от плана пути и местных условий. При отсутствии габарита для установки светофоров с правой стороны путей в отдельных случаях допускается располагать входные светофоры с левой стороны (ПТЭ, п. 6.6).

Перед всеми входными и проходными светофорами устанавливают предупредительные светофоры. На линиях, оборудованных автоблокировкой, каждый проходной светофор является предупредительным по отношению к следующему. Расстояние между смежными светофорами на линиях, оборудованных автоблокировкой с трехзначной сигнализацией, должно быть не менее тормозного пути, определенного для данного места при полном служебном торможении и максимальной реализуемой скорости, но не более 120 км/ч для пассажирских поездов и 80 км/ч для грузовых и, кроме того, должно быть не менее тормозного пути при экстренном торможении с учетом времени, необходимого для воздействия устройств автоматической локомотивной сигнализации и автостопа на тормозную систему поезда. При этом на участках, где видимость сигналов менее 400 м, а также на линиях, вновь оборудуемых автоблокировкой, указанное расстояние должно быть не менее 1000 м.

Показания входных светофоров на прямых участках пути днем и ночью должны быть отчетливо различимы из кабины управления локомотива приближающегося поезда на расстоянии не менее 1000 м, на кривых участках - не менее 400 м, в сильно пересеченной местности - не менее 200 м.

Выходные светофоры устанавливают у каждого отправочного пути впереди места, предназначенного для стоянки локомотива отправляющегося поезда. Показания выходных и маршрутных светофоров главных путей должны быть отчетливо различимы на расстоянии не менее 400 м, а боковых путей - не менее 200 м.

На рис. 6.2 приведена схема расстановки входных, предупредительных и выходных светофоров на разъезде при автоблокировке. Входные светофоры, по которым на станцию принимают,

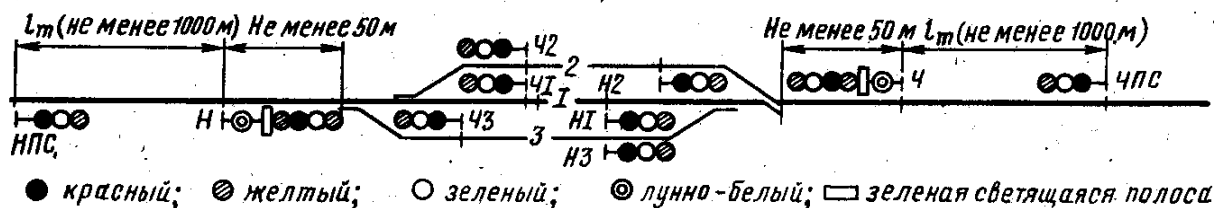


Рис. 6.2. Схема расстановки входных, предупредительных и выходных светофоров

нечетные поезда, обозначают буквой Н, предупредительные перед ними - НПС, а со стороны прибытия четных поездов - соответственно Ч и ЧПС. Выходные светофоры нечетного и четного направлений обозначают соответственно буквами Н и Ч с указанием номера пути, к которому они относятся.

Управление станционными светофорами полуавтоматического действия: открывает светофоры (включает разрешающие сигнальные огни) дежурный по станции или поездной диспетчер, а закрываются они (загорается красный огонь) автоматически от проходящих поездов.

Разрешающие показания входных и выходных светофоров предусмотрены Инструкцией по сигнализации и различаются в зависимости от условий приема, пропуска или отправления поездов.

При автоматической блокировке перегоны делятся на блок-участки, автоматически действующими проходными светофорами. Длина блок-участков равна расстоянию между смежными светофорами. При автоблокировке с трехзначной сигнализацией она должна быть не менее тормозного пути при полном служебном торможении и максимально реализуемой скорости, кроме того, должна быть не менее тормозного пути при экстренном торможении с учетом пути, проходимого за время срабатывания автостопа, и составлять от 1000 до 2600 м.

Автоматическая смена сигнальных показаний проходных светофоров достигается тем, что в пределах каждого блок-участка устраивают электрические рельсовые цепи, через которые поезд воздействует на аппаратуру управления огнями светофора. С помощью электрических рельсовых цепей осуществляется не только контроль занятости блок-участка, но и целости рельсового пути. Электрические схемы рельсовых цепей современных систем автоблокировок довольно сложны.

Чтобы не затруднять понимание принципа изменения показаний светофоров в зависимости от состояния рельсовых цепей (блок-участков) на рис. 6.3 показана упрощенная схема двужанной автоблокировки. Рельсовые цепи отделены друг от друга изолирующими стыками (ИС).

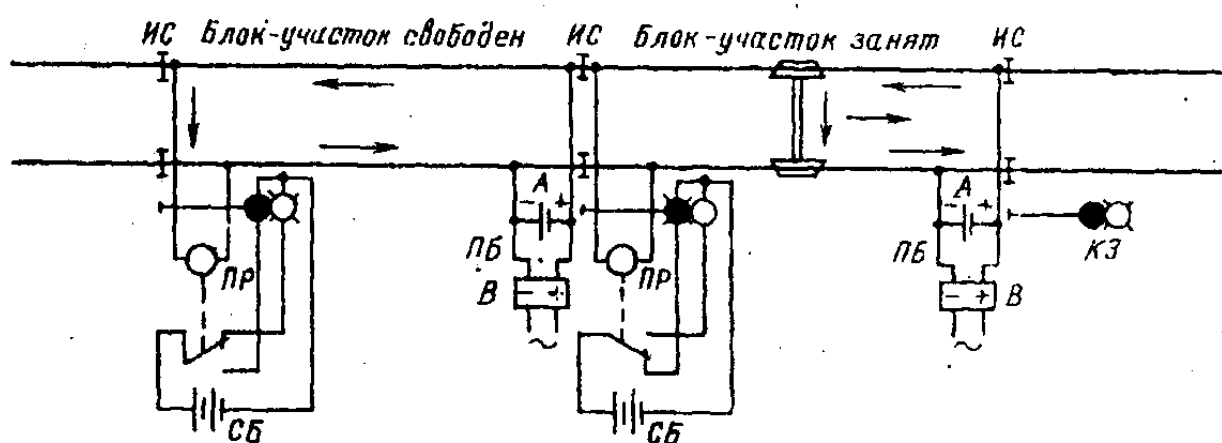


Рис. 6.3. Схема рельсовой цепи двужанной автоматической блокировки

Такие стыки имеют металлические накладки с фибровой изоляцией. На главных путях применяется новый вид изолирующего стыка - клееболтовой. В этом стыке применены стандартные двухголовые накладки, которые с помощью клеевого шва из стеклоткани, пропитанной эпоксидным компаундом с отвердителем, склеиваются с рельсовыми концами, благодаря чему образуется монолитное соединение, способное работать в несколько раз больше, чем стыки с фиброй или полиэтиленовой изоляцией.

Источником тока в рельсовой цепи является путевая батарея (ПБ), в состав которой входят аккумулятор А и выпрямитель В, потребитель тока - путевое реле ПР. Питание автоблокировки осуществляется от высоковольтной сигнальной линии электропередачи.

Если блок-участок свободен, ток от источника питания протекает по рельсам и поступает в путевое реле, которое замыкает цепь сигнальной батареи СБ на зеленый огонь светофора. Если блок-участок занят хотя бы одной колесной парой (или лопнул рельс), то ток не будет поступать в путевое реле, якорь его отпадет и цепь сигнальной батареи замкнется на лампу красного огня светофора.

При электрической тяге на постоянном или переменном токе устраивают рельсовые цепи переменного тока в виде импульсов числового кода. Автоблокировку с кодовыми рельсовыми цепями называют кодовой числовой автоблокировкой. В ней сигнальные показания впереди стоящего светофора по рельсовым цепям передаются на позади стоящий светофор. Каждому сигнальному огню соответствует определенный сигнальный код тока, поступающего в рельсовую цепь перед данным светофором: если в рельсовой цепи три импульса в кодовом цикле (код З), то на впереди стоящем светофоре горит зеленый огонь; если два импульса в кодовом цикле (код Ж), то на впереди стоящем светофоре горит желтый огонь; если один импульс в кодовом цикле (код КЖ - красного с желтым огня), то, следовательно, на впереди стоящем светофоре горит красный огонь. Эти сигнальные коды управляют и огнями локомотивного светофора автоматической локомотивной сигнализации (АЛСН).

На электрифицированных участках по рельсам протекает тяговый ток (постоянный или переменный) и ток рельсовых цепей автоматической блокировки (переменный). Для пропуска тяговых токов в обход изолирующих стыков автоблокировки в рельсовые цепи включают специальные приборы - дроссель-трансформаторы и частотные фильтры.

Автоблокировка бывает одно- и двухпутной, причем первая всегда двусторонняя и позволяет осуществлять движение поездов по одному пути в оба направления. Нормально открыты только светофоры по направлению движения. Светофоры встречного направления выключены. Для изменения направления движения дежурный по станции, на которую должен прибыть поезд, нажимает на аппарате кнопку смены направления, отчего загораются светофоры для движения в направлении к данной станции, а светофоры ранее установленного направления выключаются.

На двухпутных участках может применяться дву- и односторонняя автоблокировка. Применяют автоблокировку с нормально горящими сигнальными огнями.

Различают автоблокировку с двузначной (К, 3), трехзначной (К, Ж, 3) и четырехзначной (К, Ж, ЖЗ, 3) сигнализацией.

На магистральных железных дорогах вследствие высоких скоростей движения и значительной длины тормозных путей применяют трех- и четырехзначную сигнализацию. При трехзначной блокировке поезда следуют на зеленый огонь и разграничены тремя блок-участками. Интервал времени между поездами 8-10 мин и менее. За это время поезд проходит расстояние, равное длине поезда и трем блок-участкам, длина каждого из которых в зависимости от их расположения (на спуске или на подъеме) разная.

Одна из таких систем называется числовой кодовой (рис. 6.4).

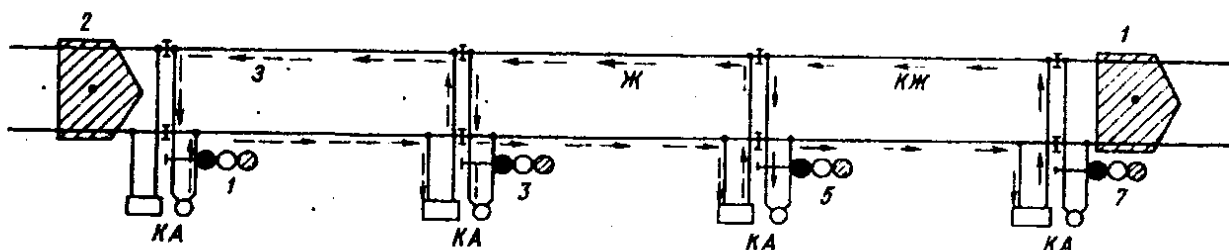


Рис. 6.4. Схема сигнальных показаний светофоров при кодовой автоблокировке: КА – кодовая аппаратура проходных светофоров 1, 3, 5, 7; Ж, КЖ – коды тока светофоров соответственно с зеленым, желтым и красным огнями

Блок-участок, занятый поездом 1, огражден красным огнем светофора 7, кодовая аппаратура которого посылает в рельсовую цепь 5-7 кодовый сигнал желтого с красным огнем (КЖ). Этот код поступает в аппаратуру светофора 5 и на нем загорается желтый огонь. В свою очередь кодовая ячейка светофора 5 посылает в рельсовую цепь 3 - 5 код желтого сигнала Ж и на светофоре 3 загорается зеленый огонь. От светофора 3 поступает код зеленого огня 3 и на светофоре 1 загорается зеленый огонь. Светофор 1 посылает код зеленого огня, который замыкается колесными парами поезда 2. Код на предыдущий светофор не поступает и на нем горит красный огонь.

Четырехзначная автоблокировка наиболее часто применяется на пригородных участках, где скоростное пассажирское движение.

6.2 Полуавтоматическая блокировка

Кроме автоблокировки в качестве средств интервального регулирования движения поездов, применяют релейную полуавтоматическую блокировку. Полуавтоматической она является 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. Для разрешения машинисту поезда занять перегон дежурный по станции открывает выходной светофор нажатием кнопки на пульте управления. На однопутных перегонах это возможно только при получении согласия дежурного по соседней станции, на двухпутных - после получения с соседней станции блокировочного сигнала о прибытии ранее отправленного с данной станции поезда. Выходной сигнал закрывается автоматически или дежурным по станции с помощью сигнальной кнопки. Об отправлении поезда извещается соседняя станция, и на аппаратах обеих станций появляются указатели занятости перегона и исключается возможность отправления другого поезда на занятый перегон.

Действия по отправлению и приему поездов, в том числе и установка стрелочных маршрутов (если стрелки оборудованы электрическими приводами), производит дежурный по станции, используя пульт управления. На малых станциях стрелки может обслуживать дежурный по стрелочному посту.

6.3 Диспетчерская централизация

Система управления движением поездов из одного пункта с помощью каналов телеуправления и телесигнализации получила название диспетчерской централизации (ДЦ). Она представляет собой сочетание автоматической блокировки на перегонах с электрической централизацией стрелок и сигналов станций. Таким образом обеспечивается: управление из одного пункта стрелками и сигналами ряда станций и перегонов; контроль на аппарате управления за положением и занятостью перегонов, путей на станциях и прилегающих к ним блок-участках; дублируются показания входных, маршрутных и выходных светофоров; имеется возможность передачи станций на резервное управление стрелками и сигналами по приему, отправлению поездов и производству маневров, а также передача на местное управление стрелками для выполнения маневров; предусмотрена автоматическая запись графика исполненного движения поездов; выполнение требований, предъявляемых к электрической централизации и автоматической блокировке. Все операции по приему и отправлению поездов со станций участка производит диспетчер; регулирование следования поездов по перегонам совершается автоматически по сигналам автоблокировки. Диспетчерская централизация позволяет повысить пропускную способность, участковую скорость и безопасность движения поездов, позволяет сократить штат на 50-60 чел. на каждые 100 км, благодаря чему ДЦ получила широкое применение.

Станции участка, кроме обычной релейной централизации, оборудованы линейными кодовыми ячейками для приема от диспетчерского поста управляющих кодовых приказов и посылки

известительных (контрольных) кодов.

В системах диспетчерской централизации наших дорог используется передача частотными кодовыми сигналами. Коды могут быть построены в виде различных импульсов, отличающихся продолжительностью, различной полярностью, разной частотой или фазами переменного тока.

Значительное повышение интенсивности движения поездов, широкое внедрение ЭВМ и электронных средств обработки данных в практику эксплуатационной работы железных дорог вызвали изменение системы диспетчерского руководства поездной работы с созданием единого центра управления дороги. Такой центр оборудован необходимыми средствами связи, диспетчерскими пультами и автоматизированными рабочими местами, табло, микропроцессорной техникой и другими средствами обработки и отображения информации. Динамическая модель поездного положения на табло-мнемосхеме коллективного пользования используется всеми поездными диспетчерами и другими оперативными работниками.

На линиях, оборудованных автоблокировкой, применяют устройства диспетчерского контроля, предназначенные для дачи поездному 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). Система построена на бесконтактной аппаратуре, обладает высокой надежностью и благодаря быстрдействию позволяет применять ее на участках высокоскоростного движения. С перегона 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.

С каждой перегонной установки контрольная информация посылается в виде определенного частотного кода и на табло дежурного по промежуточной станции включается соответствующая контрольная лампочка. Принятые на диспетчерском пункте частотные сигналы усиливаются, расшифровываются и определяется станция, с которой поступил сигнал, и состояние контролируемого объекта. Визуальный контроль состояния объектов на перегонах и станциях диспетчер получает на табло-матрице, на котором схематично показан план участка. Сигнальная индикация состояния контролируемых объектов в системе ЧДК высвечивается на табло.

Система диспетчерского контроля дает возможность дежурным по промежуточным станциям следить за движением поездов на прилегающих перегонах, а поездному диспетчеру получать непрерывную информацию о продвижении поездов на участке и избавляет его от многих переговоров с дежурными по станциям. Сигнальная индикация на табло промежуточных станций выполнена таким образом, что дежурные по станциям получают

также информацию о повреждениях перегонных устройств автоблокировки и переездной сигнализации.

Для повышения надежности и улучшения содержания устройств интервального регулирования движения поездов внедряется система технической диагностики. Она обеспечивает непрерывную проверку состояния сигнальных устройств автоблокировки и автоматической переездной сигнализации. Контрольная информация передается дежурному инженеру (диспетчеру) дистанции сигнализации и связи. Система может быть дополнена устройствами технического прогнозирования состояния названных объектов. Чтобы контролировать состояние объектов линейных пунктов, с промежуточных станций посылаются сигналы опроса, а обратно - ответные сигналы для передачи контрольной и диагностической информации. Для оперативного контроля, за техническим состоянием аппаратуры автоблокировки и электрической централизации в пределах дистанции используется система «Прогноз». Кроме световой индикации состояния объектов, на центральном посту предусмотрена запись контрольной информации на электронный носитель.

6.4 Устройства автоматики и телемеханики на станциях

К станционным устройствам автоматики и телемеханики относятся прежде всего системы сигнализации, централизации и блокировки (СЦБ). Они служат для управления стрелками и сигналами и обеспечения таких взаимных зависимостей между ними, при которых исключается открытие сигнала при неправильно установленных и незапертых стрелках, а при открытом сигнале не допускается перевод тех стрелок, по которым предусмотрен пропуск поезда, маневры и др.

Движение поездов и маневровые передвижения в пределах станций совершаются по определенным маршрутам. Маршрут - это путь следования поезда или маневрового состава по станции при установленных в определенное положение и запертых стрелках и открытому светофору, разрешающему движение по данному маршруту. Те маршруты, по которым нельзя одновременно пропускать поезда, называются враждебными, например маршрут приема на один и тот же путь поездов с разных сторон станции, приема поездов и маневров с выездом на маршрут приема и т. п.

Основными техническими средствами управления и контроля за передвижениями поездных единиц на станциях служат устройства электрической централизации стрелок и сигналов (ЭЦ). К станционным устройствам относятся также горочная автоматическая централизация (ГАЦ) и диспетчерская централизация (ДЦ). На некоторых промежуточных станциях малодеятельных участков еще сохранилось ручное управление стрелками и сигналами, а контроль их положения и обеспечение взаимных зависимостей осуществляются с помощью простейших маршрутно-контрольных устройств. Такие устройства не решают проблемы замены

тяжелого труда дежурных стрелочных постов, не обеспечивают высокую пропускную способность и полную безопасность движения.

Электрическая централизация предназначена для управления стрелками и сигналами станций с использованием электрической энергии. При электрической централизации (ЭЦ) - дальность управления стрелками и сигналами практически не ограничена, поэтому с одного поста можно управлять большим числом объектов, т. е. можно охватить управление всеми стрелками и сигналами самой крупной станции. Электрическая централизация обеспечивает централизованное управление стрелками и сигналами и автоматический контроль их положения, а также облегчает труд операторов поста централизации, так как управление стрелками и сигналами производится нажатием кнопок. Время на приготовление маршрута сокращается до 5 - 7 с против 6 - 10 мин при ручном управлении стрелками, благодаря ускорению операций по приготовлению маршрутов на 50 - 70 % увеличивается пропускная способность станций, сокращаются штаты обслуживающего персонала, повышается производительность и культура труда. Устройства взаимных зависимостей стрелок и сигналов обеспечивают высокий уровень безопасности движения поездов и маневровой работы.

Согласно ПТЭ (п. 6.25) 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.

Электрические схемы ЭЦ выполняются таким образом, что обеспечивается: взаимное замыкание стрелок и светофоров; контроль на аппарате управления взреза стрелки с одновременным закрытием светофора, ограждающего данный маршрут, а также положения стрелок и занятости путей; возможность маршрутного или отдельного управления стрелками и сигналами и производства маневров по показаниям маневровых светофоров.

На крупных станциях поезда расформировывают и формируют на сортировочных горках. Состав надвигают на горку, откуда отдельные вагоны или группы вагонов (отцепы) скатываются на подгорочные пути, специализированные по назначениям вагонов. Управление централизованными стрелками, сигналами и замедлителями для торможения вагонов ведут с одного горочного поста.

Для расформирования составов и повышения перерабатывающей способности сортировочные горки оснащены комплексом автоматических устройств, в состав которых входит горочная автоматическая централизация (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 цепей и другого оборудования.

Система ГАЦ может работать в двух режимах:

программном автоматическом, при котором до роспуска состава с горки с помощью накопителя производится предварительный набор маршрутов на все отцепы состава поезда. Корректировка или добор маршрутов возможны в процессе роспуска состава. Маршруты набирает оператор нажатием соответствующих кнопок на горочном пульте или они передаются из вычислительного центра. Эти приказы воспринимает наборная группа блоков и накопитель, откуда передаются в стрелочные блоки для исполнения. Стрелки, входящие в данный маршрут, переводятся последовательно по мере воздействия скатывающихся отцепов на рельсовые цепи, педали и другую аппаратуру. На ряде сортировочных горок набор программы роспуска составов, в которой устанавливается на какой подгорочный путь должен следовать каждый очередной отцеп, производится по натурному листу поезда с помощью дисплея. Набранная программа высвечивается на экране, что позволяет оператору контролировать правильность набора и при необходимости корректировать программу. В процессе роспуска команды на установку стрелочного маршрута для каждого отцепа с дисплея вводятся в ГАЦ для исполнения;

маршрутном, при котором маршруты задают для каждого очередного отцепа непосредственно перед его скатыванием с горки нажатием кнопки, соответствующей номеру подгорочного пути. Выполняется маршрут автоматически от воздействия вагона. В случае неисправности ГАЦ каждую стрелку по пути следования отцепа оператор горки устанавливает в нужное положение индивидуально путем поворота рукоятки стрелочного коммутатора.

Следует отметить, что комплексная система автоматизации процесса расформирования составов на сортировочных горках включает в себя, кроме ГАЦ, также устройства автоматического регулирования скорости скатывания отцепов (АРС), горочных программно-задающих устройств (ГПЗУ), оперативно-запоминающих устройств (ГОЗУ) для ввода информации в ГАЦ, телеуправления горочным локомотивом (ТГЛ), автоматического задания скорости роспуска составов (АЗСР), автоматического контроля заполнения путей подгорочного парка (КЗП). Ведутся разработки по совершенствованию систем автоматизации сортировочных процессов с использованием ЭВМ, микропроцессоров и других новейших средств.

6.5 Автоматическая локомотивная сигнализация. Автостоп

На участках, оборудованных автоблокировкой, безопасность движения зависит от точного и своевременного выполнения машинистами поездов сигналов, подаваемых проходными светофорами. Однако при плохой видимости из-за тумана, снегопада, дождя и в других трудных

условиях машинист не всегда может своевременно различить показание светофора и может проехать запрещающий сигнал. Чтобы исключить такие случаи и облегчить машинисту ведение поезда, все участки, оборудованные автоблокировкой, согласно ПТЭ дополнены устройствами автоматической локомотивной сигнализации. Она предназначена для передачи показаний путевого светофора, к которому приближается поезд, на локомотивный светофор (ЛС), установленный в кабине машиниста. Это обеспечивает машинисту, особенно при плохих условиях видимости, возможность уверенно и безопасно вести поезд с разрешенной скоростью.

Дополнительно к устройствам АЛС на локомотивах устанавливают автостопы, которые служат для автоматической остановки поезда, если машинист не примет мер к торможению и своевременной остановки поезда перед светофором. В зависимости от способа передачи сигнальных показаний путевых сигналов на локомотив различают автоматическую локомотивную сигнализацию непрерывного типа с автостопом (АЛСН) и автоматическую локомотивную сигнализацию точечного типа с автостопом (АСНТ).

Автоматическая локомотивная сигнализация непрерывного типа с автостопом (рис. 6.5) служит для постоянной передачи на локомотив показания путевого светофора, к которому приближается поезд. Показания светофора передаются на локомотив посредством рельсовых цепей.

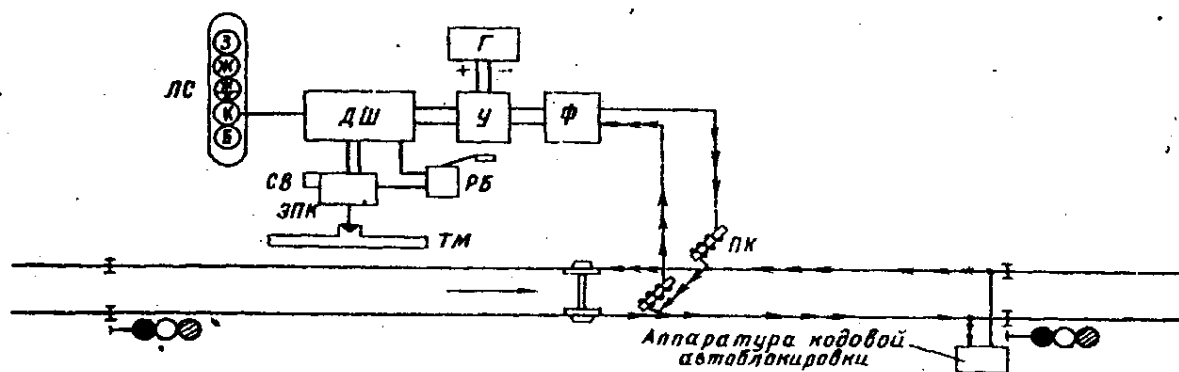


Рис. 6.5. Схема автоматической локомотивной сигнализации непрерывного типа: ПК – приемные катушки; Ф – фильтр; У – усилитель; ДШ – дешифратор; Г – генератор; СВ – свисток; ЭПК – электропневматический клапан; РБ – рукоятка бдительности; ТМ – тормозная магистраль; ЛС – локомотивный светофор

В момент смены на ЛС более разрешающего огня на менее разрешающий машинисту подается предупредительный свисток о возможности срабатывания автостопа. В этом случае машинист обязан в течение 6-8 с нажать рукоятку бдительности, в противном случае произойдет автоматическое торможение поезда. После нажатия рукоятки бдительности машинист должен снизить скорость движения до установленной или остановить поезд.

Когда машинист проезжает светофор с желтым огнем и при движении на красный огонь на ЛС происходит смена огня на желтый с

красным; машинист обязан руководствоваться показаниями путевых светофоров. С момента появления на локомотивном светофоре желтого огня с красным машинист обязан периодически через каждые 20-30 с нажимать рукоятку бдительности, в противном случае сработает автостоп.

Дальнейшим развитием таких систем на линиях со сверхскоростным движением является сочетание интервального, скоростного и диспетчерского регулирования движения. Важнейшим их элементом являются устройства автоматического ведения поезда (система автоматического управления тормозами - САУТ), что достигается благодаря применению ЭВМ и микропроцессоров.

6.6 Связь на железнодорожном транспорте

Для руководства движением поездов и работой линейных подразделений железные дороги имеют различные виды связи, осуществляемые по кабельным, радиорелейным и воздушным линиям.

Всю связь можно разделить на первичную сеть и сеть оперативно-технологическую.

Первичная сеть связи федерального железнодорожного транспорта представляет собой совокупность типовых физических цепей, типовых каналов передачи и сетевых трактов, образованную на базе сетевых узлов, сетевых станций, оконечных устройств первичной сети и соединяющих их линий передачи. В первичной сети федерального железнодорожного транспорта четыре уровня: магистральный, дорожный, отделенческий и местный. По одной и той же линии передачи, проложенной вдоль полотна железной дороги, могут быть организованы каналы и тракты различных уровней первичной сети. Одна система передачи может также совмещать разные уровни, например магистральный и дорожный, дорожный и отделенческий.

Сеть оперативно-технологической связи предназначена для передачи информации в системе оперативного диспетчерского управления работой железнодорожного транспорта на всех уровнях и во всех звеньях с обеспечением прямых и групповых каналов для передачи речевой и дискретной информации. Оперативно-технологическая связь (ОТС) включает в себя сети всех уровней управления железнодорожным транспортом: магистральную, дорожную, отделенческую и станционную.

В состав *отделенческой* ОТС входят следующие виды связи:

- поездная диспетчерская, предназначенная для руководства движением поездов; линейно-путевая, предназначенная для переговоров работников пути по вопросам текущего содержания устройств и сооружений путевого хозяйства;
- служебная диспетчерская, предназначенная для служебных переговоров работников дистанций сигнализации и связи по техническому содержанию и ремонту устройств СЦБ и связи;
- энергодиспетчерская, предназначенная для руководства техническим содержанием устройств энергоснабжения;

- вагонораспорядительная диспетчерская, предназначенная для контроля за прохождением подвижного состава и выполнением погрузочно-разгрузочных работ;

- транспортно-военизированной охраны, предназначенная для переговоров работников военизированной охраны по вопросам обеспечения охраны железнодорожных объектов;

- опорных станций, предназначенная для переговоров с дежурным по опорной станции;

- пунктов технологических осмотров, предназначенная для обслуживания устройств ПОНАБ и ДИСК;

- дежурного по охраняемому переезду, предназначенная для его переговоров с дежурным ближайшей станции по обеспечению безопасности движения и контроля внешнего состояния поездов;

- поездная межстанционная, предназначенная для служебных переговоров по движению поездов между дежурными смежных раздельных пунктов (станций);

- перегонная, предназначенная для переговоров работников, находящихся на перегоне, с дежурными раздельных пунктов, ограничивающих перегон, с поездным и энергодиспетчером, диспетчером дистанции пути, диспетчером службы информатизации и связи и диспетчером службы сигнализации по вопросам движения поездов и технического содержания устройств;

- постанционная, предназначенная для служебных переговоров работников промежуточных станций (разъездов и остановочных пунктов) между собой и с работниками участковых и отделенческих станций;

- билетная диспетчерская, предназначенная для передачи сведений в билетные кассы о наличии свободных мест в поездах всех назначений.

Сеть *станционной* ОТС предназначена для оперативного диспетчерского управления эксплуатационной работой железнодорожной станции. Станционная проводная ОТС включает в себя следующие виды связи:

- станционная распорядительная телефонная связь, содержащая отдельные сети распорядительной связи, используемые для оперативного руководства работой технологических зон станций;

- стрелочная телефонная связь, предназначенная для связи дежурного по станции со стрелочными постами в процессе управления поездной и маневровой работой и т. д.

Сеть общетехнологической телефонной связи предназначена для предоставления работникам различных подразделений железнодорожного транспорта услуг по передаче речевой, документальной и видеоинформации в пределах всей сети железных дорог Российской Федерации, необходимых для управления железнодорожным транспортом, а также дополнительных услуг, обеспечиваемых современным телекоммуникационным оборудованием. Коммутируемая телефонная сеть организуется на магистральном, дорожном и местном уровнях и представляет собой совокупность коммутационного

оборудования, каналов, устройств абонентского доступа и терминального оборудования.

Сеть передачи данных общетехнологического назначения обеспечивает функционирование АСУЖТ верхнего уровня управления железнодорожным транспортом.

Специализированные дорожные сети передачи данных оперативно-технологического назначения обеспечивают функционирование информационных и информационно-управляющих систем оперативно-технологического назначения нижнего уровня АСУЖТ.

Автоматизированная система документальной телеграфной связи предназначена для организации автоматического обмена организационно-распорядительной и информационной корреспонденцией в виде телеграфных сообщений между абонентами. Автоматизированная система документальной телеграфной связи представляет собой совокупность специализированных аппаратно-программных средств и каналов связи (цифровых и аналоговых), обеспечивающих сбор, хранение, обработку и передачу абонентам входящей и исходящей телеграфной корреспонденции.

Поездная радиосвязь используется для служебных переговоров поездного и локомотивного диспетчеров, а также дежурных по станциям с машинистами локомотивов. На станциях с большой маневровой работой и на сортировочных горках применяется *станционная радиосвязь* для служебных переговоров станционного диспетчера или дежурного по горке с машинистами маневровых локомотивов, дежурных технических контор - со списчиками вагонов, дежурных пунктов обслуживания вагонов - с осмотрщиками вагонов и т.п. Системы радиорелейных линий связи состоят из системы магистральных и зонавых радиорелейных линий связи и системы технологической радиорелейной связи. Применяются и системы спутниковой связи.

7. ОРГАНИЗАЦИЯ ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ РАБОТЫ

7.1 Грузовая работа. Пассажирские перевозки

Перевозочный процесс включает в себя операции по перевозке и обслуживанию пассажиров, погрузке, выгрузке грузов, включая подачу для этого вагонов, уборку их, включение в поезд и продвижение по участку.

В основу организации перевозочного процесса и движения поездов положены следующие важнейшие принципы: безусловное обеспечение безопасности движения и сохранности грузов; внедрение интенсивной технологии, научная организация труда и управления во всех звеньях, четкое их взаимодействие на основе единого плана высокопроизводительного и экономичного использования технических средств; высококачественное и комфортное обслуживание пассажиров; увязка движения поездов с другими видами транспорта. Осуществление этих принципов, составляющих сущность эксплуатационной работы, обеспечивает выполнение плана перевозок при минимальных затратах, быстроту перевозки пассажиров и грузов.

Методы эксплуатации железных дорог непрерывно совершенствуются. Основными из них являются научно обоснованная организация вагонопотоков и тщательно разработанный план формирования, организация движения поездов строго по графику, техническое нормирование, оперативное планирование и регулирование поездной и грузовой работы.

Грузовые перевозки осуществляются в строгом соответствии с «Уставом железнодорожного транспорта Российской Федерации» от 10.01.2003 г., принятым Правительством РФ.

Транспортирование грузов на железных дорогах осуществляется по плану перевозок. Планы перевозок грузов разрабатываются на основе прогнозов промышленного и сельскохозяйственного производства, капитального строительства, материально-технического снабжения, торговых поставок, договоров об организации перевозок и заявок грузоотправителей на перевозку грузов с учетом пропускной и провозной способностей железных дорог.

План перевозок является основой для разработки технических норм эксплуатационной работы сети железных дорог. Так, на основе показателей плана перевозок устанавливают нормы пробега подвижного состава, рабочие парки вагонов и локомотивов.

От объема перевозок, предусмотренных планом, зависит потребность железных дорог в топливе и материалах, контингент работников, фонд оплаты труда, план эксплуатационных расходов, план доходов и прибылей, производительность труда, себестоимость перевозок.

Планы перевозок грузов разрабатываются как на месячный период (месячный план перевозок грузов), так и по календарным датам погрузки (оперативный план перевозок грузов) в тоннах и вагонах, по видам сообщений и железным дорогам отправления, по номенклатуре грузов.

Проект месячного плана перевозок грузов по железной дороге на

планируемый месяц, утвержденный начальником этой железной дороги, не позднее чем за 10 дней, до начала планируемого месяца, дорожный центр фирменного транспортного обслуживания (ДЦФТО) представляют в Центр фирменного транспортного обслуживания (ЦФТО) ОАО РЖД для составления сводного плана перевозок грузов по сети железных дорог.

ЦФТО разрабатывает на основе представленных железными дорогами проектов планов перевозок грузов проект сводного плана перевозок грузов в целом по сети железных дорог, с разбивкой по железным дорогам отправления и номенклатуре грузов и согласовывает его с причастными департаментами ОАО РЖД.

Оперативный план перевозок грузов на дорогах составляет ДЦФТО. Заявки, принятые от грузоотправителей, вводятся в базу данных системы автоматизированного сбора и обработки заявок, где формируются сводные заявки на перевозки грузов по железным дорогам, отделениям и станциям железной дороги по календарным датам планируемого периода, согласовываются железной дорогой и ежедневно направляются ДЦФТО по каналам связи в ЦФТО.

Среднесуточная погрузка планируется и учитывается числом физических используемых вагонов:

$$U_n = \frac{Q_{год}}{365 \cdot P_{cm}},$$

где $Q_{год}$ - количество груза, подлежащего отпращиванию за год, т;

P_{cm} - статическая нагрузка вагона, т.

Статическая нагрузка вагона определяется для каждой номенклатуры груза:

$$P_{cm} = \frac{\sum P_n}{\sum U_n},$$

где $\sum P_n$ - общее количество погруженных грузов, т;

$\sum U_n$ - число погруженных вагонов.

Средняя дальность перевозки грузов определяют делением общего грузооборота (т - км) на количество грузов (т):

$$l_{cp} = \frac{\sum pl}{\sum p}.$$

Грузовая работа производится на местах общего и необщего пользования. *К местам общего пользования* относятся крытые и открытые склады, а также специально выделенные участки на территории железнодорожной станции, в которых выполняются операции по погрузке, выгрузке, сортировке, хранению грузов, грузобагажа и контейнеров пользователей услугами железнодорожного транспорта. Места общего пользования принадлежат владельцу инфраструктуры. *К местам необщего пользования* относятся железнодорожные пути необщего пользования, крытые и открытые склады, а также участки, расположенные на территории железнодорожной станции и используемые для выполнения операций по погрузке, выгрузке грузов и контейнеров *определенных* пользователей услугами же-

лезнодорожного транспорта. Места необщего пользования или не принадлежат владельцу инфраструктуры, или сданы им в аренду.

Места общего и необщего пользования должны отвечать следующим обязательным требованиям:

- наличие сооружений и устройств для обеспечения сохранности грузов, грузобагажа, вагонов и контейнеров;
- наличие сооружений и устройств для обеспечения бесперебойной погрузки грузов в вагоны и выгрузки из вагонов;
- соответствие требованиям законодательства Российской Федерации об охране окружающей среды.

Наряду с погрузкой и выгрузкой на станциях выполняют следующие операции: взвешивание и прием его к перевозке, оформление перевозочных документов, взимание провозной платы и сборов, пломбирование вагонов, хранение груза на станциях, выдачу прибывшего груза получателям и др.

Перевозки грузов осуществляются грузовой или большой скоростью. Критерии определения категорий скорости перевозок грузов устанавливаются ОАО РЖД. Категория скорости перевозок грузов выбирается грузоотправителем и указывается им в транспортной железнодорожной накладной.

Перед подачей под погрузку проводят технический и коммерческий осмотры вагонов с целью установления пригодности их для перевозки данного груза.

На каждую отправку груза - повагонную или мелкую, а также на целый маршрут или группу вагонов и комплект контейнеров грузоотправитель составляет накладную - основной грузовой перевозочный документ.

На основании накладной составляют дорожную ведомость, необходимую для учета и отчетности о выполнении плана перевозок, прибытии грузов и взыскания провозной платы.

На каждый загруженный вагон составляется вагонный лист, в котором приводятся данные о вагонах и отправках груза с указанием номеров накладных. По вагонному листу проверяют наличие груза при выгрузке и подсчитывают массу грузов в вагонах при определении массы поезда.

Перевозочные грузовые документы пересылаются в товарную контору, где составляют поездной документ - натурный лист - на каждый сформированный состав. В натурном листе указывают номер поезда, станцию формирования и станцию назначения, номера вагонов в порядке их расположения в составе, массу и длину поезда и другие данные. По натурному листу производят прием и сдачу поездов, подборку, прием и сдачу грузовых документов, расформирование и формирование поездов на станциях. Вся система передачи грузовых и поездных документов проводится с помощью системы «ЭТРАН», что позволяет автоматизировать процесс слежения за местонахождением каждого вагона на сети железных дорог и составления необходимой отчетности.

Основная задача организации пассажирских перевозок состоит в максимальном удовлетворении растущих потребностей населения в этих

перевозках при их высокой культуре обслуживания на вокзалах и в поездах. При планировании перевозок определяют пассажиропотоки по направлениям и периодам года, а для пригородного движения и по месяцам, дням и часам суток, используя для этого данные обследований пассажиропотоков.

Пассажирские поезда делятся на три группы: дальние (на расстояние свыше 700 км), местные (от 150 до 700 км) и пригородные (до 150 км). Дальние и местные поезда в зависимости от скорости движения и числа остановок подразделяются на скорые и пассажирские. К скорым относят поезда, следующие с высокими скоростями и имеющие остановки только на крупных станциях. Перевозку почты и багажа осуществляют в специальных вагонах, включаемых в скорые, пассажирские и почтово-багажные поезда.

На пригородных линиях со значительными пассажиропотоками для удобства пассажиров применяют так называемое зонное движение, разбивая линию по длине на несколько частей - зон.

7.2 План и порядок формирования поездов. Порядок приема, отправления и движения поездов

Вагоны, отправляемые со станций и следующие по определенным направлениям, образуют вагонные потоки.

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

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

План формирования устанавливает, какие поезда, из вагонов какого назначения и в адрес каких станций формирует каждая участковая, сортировочная, грузовая или другая станция. Таким образом, он определяет станции назначения или расформирования поездов, а также характер и объем работы всех станций. При составлении этого плана стремятся включить как можно большее число вагонов в маршруты, чтобы поезда следовали на большие расстояния без переработки (переформирования) на попутных станциях. При формировании подбираются вагоны, следующие до одной станции назначения или расформирования. При этом ускоряется продвижение груза, улучшается использование подвижного состава, снижаются затраты на перевозки. В этом суть и значение *маршрутизации* перевозок.

Маршрутизация может осуществляться непосредственно с мест (станций) массовой погрузки (отправительская маршрутизация) и на технических станциях (сортировочных, участковых), где из прибывших вагонов накапливаются составы определенных назначений, проходящие без переработки не менее одной технической станции. Отправительские мар-

шруты организуются на одной станции из вагонов, загруженных одним грузоотправителем и следующих на одну станцию выгрузки или распределения по точкам выгрузки.

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

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.

Отдельно планируют формирование грузовых ускоренных поездов, в которые включаются вагоны с живностью, скоропортящимися и другими грузами, требующими быстрой доставки.

При разработке плана формирования предусматривается составление поездов из порожних вагонов по отдельным родам подвижного состава, например из крытых вагонов, цистерн, платформ. Эти поезда должны, как правило, следовать без переработки до станций погрузки. В зависимости от числа групп вагонов разных назначений поезда могут быть *одногруппные* и *групповые*.

В целом план формирования должен обеспечить наименьший общий простой вагонов как под накоплением, так и при их переработке, а также минимальные эксплуатационные расходы.

Для оценки плана формирования поездов подсчитывают его показатели. Основные из них: общая затрата вагоночасов, в том числе на накопление вагонов и их переработку; уровень отправительской и ступенчатой маршрутизации; средняя дальность пробега вагонов без переработки; эксплуатационные расходы, зависящие от плана формирования и др.

Выбор оптимального плана формирования поезда автоматизирован. Основными исходными данными при этом являются: вагонопотоки между станциями; нормы затрат вагоночасов на накопление и переработку вагонов; данные о числе сортировочных путей и вагонов, которые может переработать станция.

Поездом называется сформированный и сцепленный состав вагонов с одним или несколькими действующими локомотивами или моторными вагонами, имеющий установленные сигналы. Отправляемые на перегон локомотивы без вагонов, моторные вагоны, автомотрисы и дрезины не-

съемного типа рассматриваются как поезда.

По старшинству поезда делятся на внеочередные и очередные. К *внеочередным* относят пожарные и восстановительные поезда, снегоочистители, одиночные локомотивы, автомотрисы и дрезины несъемного типа, назначаемые для восстановления нормального движения и тушения пожара.

Очередные поезда: пассажирские скоростные и скорые, пассажирские всех остальных наименований, почтово-багажные, воинские, грузо-пассажирские, людские, ускоренные грузовые, грузовые, хозяйственные поезда и локомотивы без вагонов. Людскими считаются грузовые поезда при постановке в них 10 вагонов и более, занятых людьми. Хозяйственными называются поезда, обслуживающие собственные нужды дороги (перевозка балласта, рельсов, шпал и др.).

Каждому поезду в зависимости от его категории на станциях формирования присваивают номер: скорым – 1-99, пассажирским дальним круглогодичного обращения – 171-299, 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.

Нормы массы и длины поездов устанавливаются в плане формирования и графике движения поездов. Норма для сквозных и в том числе маршрутных поездов принимается унифицированной для всего направления следования с тем, чтобы избежать перелома (изменения) массы поездов при переходе с одного участка на другой. Ускоренные грузовые поезда имеют несколько меньшие нормы массы, а скорости движения их более высокие.

Широкое развитие получило вождение тяжеловесных поездов, масса которых значительно превышает норму. Это позволяет дорогам перевозить сверх плана дополнительное количество груза при том же числе локомотивов и снизить затраты на перевозки.

Грузовые поезда могут быть *тяжеловесными* и *повышенной массы*. В первом случае масса поезда для соответствующих серий локомотивов на 100 т и более превышает установленную графиком движения весовую норму на участке следования этого поезда. Во втором случае, грузовой поезд с одним или несколькими действующими локомотивами (в голове состава, в голове и хвосте, в голове и последней трети состава) имеет массу более 6 тыс. т.

В зависимости от длины, помимо обычных, различают грузовые поезда: *повышенной длины, длинносоставные* и *соединенные*. В первом

случае длина поезда составляет 350 осей и более. Длинносоставным называют поезд, длина которого превышает максимальную норму, установленную графиком движения на участке следования этого поезда. Грузовой поезд, составленный из двух и более сцепленных между собой поездов с действующими локомотивами в голове каждого поезда называют соединенным.

При формировании поездов подсчитывают их массу брутто. Для этого к tare вагонов прибавляют массу груза, определяемую по грузовым документам. Норма длины поезда выбирается в соответствии с полезной длиной приемо-отправочных путей станций на участках.

Поезда должны составляться в полном соответствии с требованиями ПТЭ; графика движения и плана формирования. Нарушение этих требований может создать угрозу для безопасности движения и вызвать излишние задержки в переработке поездов на попутных станциях. При формировании грузовых поездов вагоны ставят без подборки по числу осей и массе. В сборных поездах вагоны подбирают в группы по станциям назначения, а в групповых поездах - по назначениям, установленным планом формирования.

Одним из основных требований безопасности движения поездов является обеспечение их тормозными средствами. Этих средств должно быть достаточно для остановки поезда на расстоянии, равном длине тормозного пути при следовании с наибольшей допустимой скоростью по руководящему спуску в случае возникновения препятствия для движения. Руководящим называется наибольший по крутизне спуск (с учетом сопротивления от кривых) протяженностью не менее тормозного пути. Тормозной путь в зависимости от руководящего спуска и допускаемой максимальной скорости движения принимается равным 1000, 1200, 1300, 1500, 1600 и 1700 м.

Потребное тормозное нажатие в поезде зависит от скорости движения и руководящего спуска и рассчитывается по нормам, установленным МПС. Так, в частности, указаны: единое наименьшее тормозное нажатие на каждые 100 т массы грузовых и пассажирских поездов; зависимости между скоростью движения, уклоном, тормозным нажатием и тормозным путем; расчетные нормы нажатия тормозных колодок и другие данные, необходимые для тормозных расчетов.

Грузовой поезд обслуживает локомотивная бригада. Пассажирские поезда обслуживают локомотивные бригады и проводники, а в необходимых случаях и другие работники в соответствии с указаниями ОАО РЖД.

Пассажирские и другие поезда для перевозки людей, а также почтово-багажные поезда снабжают противопожарными средствами, средствами для оказания первой медицинской помощи и другим необходимым снаряжением.

На каждую поездку заполняют *маршрут машиниста*, который является одним из основных поездных документов на участке работы локомотивной бригады. В нем указывают число вагонов в составе по роду, массу груза (нетто) и общую массу состава (брутто), состав бригады, серию и

номер локомотива и другие данные. После поездки машинист сдает маршрут в контору депо для начисления заработной платы бригаде. Из конторы маршруты передают на фабрику механизированного учета, где по ним определяют выполненный объем перевозочной работы, степень использования подвижного состава, расход электроэнергии, топлива, смазки и др.

Организация движения поездов, операции по приему, отправлению и сквозному пропуску поездов на станциях осуществляются согласно ПТЭ, Инструкции по движению поездов и маневровой работе и Инструкции по сигнализации. ПТЭ устанавливают, что поезд находится в распоряжении машиниста ведущего локомотива (мотор-вагонного поезда). На станциях машинист и все остальные работники, обслуживающие поезд, подчиняются указаниям дежурного по станции, а на станциях участков с диспетчерской централизацией - поездного диспетчера.

Прием поездов на станцию при всех средствах сигнализации и связи производится при разрешающем показании входного сигнала. Прием, отправлением и проследованием поездов на каждом отдельном пункте распоряжается только один работник - дежурный по станции. В связи с этим вся связь между станциями по вопросам регулирования движения поездов, а также управление приборами СЦБ на станциях осуществляются лично дежурным по станции или по его распоряжению подчиненным ему работником - оператором, сигналистом или дежурным стрелочного поста. При диспетчерской централизации руководство движением поездов и управление стрелками и сигналами станций участка осуществляет дежурный поездной диспетчер.

Для отправления поезда на перегон однопутной линии или по неправильному пути на двухпутных участках дежурный по станции должен предварительно запросить и получить согласие от дежурного по той станции, на которую отправляется поезд. Исключением являются однопутные участки, оборудованные автоблокировкой, - там поезда отправляются по указанию поездного диспетчера без предварительного согласия дежурного соседней станции после освобождения первого блок-участка.

На двухпутных перегонах каждый главный путь, как правило, служит для движения поездов в одном определенном направлении. На железных дорогах России и многих стран установлено правостороннее движение. На двухпутных линиях для отправления поезда по правильному (правому) пути не требуется согласия от дежурного по соседней станции. При этом на участках, не оборудованных автоблокировкой, поезда отправляют на перегон после получения от дежурного соседней станции уведомления о прибытии ранее отправленного поезда, а при наличии автоблокировки - после освобождения ранее отправленным поездом первого блок-участка. В особых случаях по распоряжению поездного диспетчера поезд может быть отправлен на двухпутный перегон по пути, предназначенному для встречного движения, - по неправильному пути.

При перерыве действия всех средств сигнализации и связи поезда следуют на двухпутных участках с разграничением времени, положенным

на проследование перегона между станциями, а на однопутных участках - с письменными извещениями. В последнем случае движение устанавливают станции преимущественного направления. На однопутных перегонах преимущественным будет нечетное направление, на двухпутных перегонах - то направление, которое для оставшегося действующего пути было правильным.

Перед приемом и отправлением поезда дежурный по станции, а на участках с диспетчерской централизацией поездной диспетчер обеспечивают прекращение маневровой работы на стрелках или путях, по которым должен проследовать поезд. Дежурный по станции отдает распоряжение сигналистам или дежурным стрелочных постов о подготовке маршрута приема или отправления. Только убедившись в том, что путь приема, а при отправлении - перегон (при автоблокировке - первый блок-участок) свободны, маневры прекращены, соответствующие стрелки установлены в надлежащее положение и заперты, дежурный по станции при приеме открывает входной сигнал, а при отправлении - выходной сигнал или выдает машинисту соответствующее разрешение.

Дежурный по станции встречает прибывающий и провожает отправляемый или следующий через станцию безостановочно поезд, следя за его состоянием, наличием и правильным показанием поездных сигналов. Время фактического прибытия, отправления или проследования каждого поезда дежурный по станции отмечает в настольном журнале движения поездов и немедленно сообщает дежурному по соседней станции и поездному диспетчеру; кроме того, обеспечивает передачу необходимых данных о поезде в автоматизированную систему управления.

Работники станции перед отправлением поезда проверяют правильность формирования его и сцепления вагонов в составе, прочность крепления грузов на открытом подвижном составе; убеждаются, что сохранность грузов полностью обеспечена, а поезд имеет установленные сигналы и снабжен необходимым поездным инвентарем.

Когда при следовании поезда необходимо обеспечить особую бдительность локомотивных бригад и предупредить их о производстве работ на перегоне, им выдаются письменные предупреждения.

При вынужденной остановке поезда на перегоне машинист приводит в действие автотормоза поезда, вспомогательный, а иногда и ручной тормоз локомотива. При необходимости по его сигналу работники, обслуживающие поезд, приводят в действие ручные тормоза состава, а если этого недостаточно, укладывают под колеса вагонов имеющиеся на локомотиве тормозные башмаки. Локомотивная бригада совместно с другими работниками принимает меры к устранению возникших для движения препятствий.

В необходимых случаях поезд и смежные пути двух- или многопутного перегона ограждают в соответствии с указаниями Инструкции по сигнализации.

По поездной радиосвязи машинист немедленно объявляет об остановке машинистам локомотивов и мотор-вагонного подвижного состава,

следующих по перегону, и дежурным по станциям, ограничивающим перегон.

При неисправности радиосвязи используется телефонная связь ближайшего пункта для сообщения о случившемся поездному диспетчеру или дежурному по станции.

7.3 Пропускная и провозная способности. График движения поездов. Основные показатели эксплуатационной работы.

Пропускной способностью железнодорожной линии называют наибольшее число поездов или пар поездов установленной массы, которое может быть пропущено в единицу времени (сутки, час). Пропускная способность зависит от имеющихся постоянных технических средств, типа и мощности подвижного состава, рельсовой колеи, а также принятых методов организации движения поездов (типа графика). Различают пропускную способность наличную, т.е. ту, которой обладает линия в настоящее время, и потребную, необходимую для обеспечения заданных размеров движения.

Возможные размеры грузовых перевозок (млн. тонн), которые могут быть осуществлены на данной линии в течение года, называют провозной способностью. Провозная способность определяется типом и числом локомотивов, вагонов, и техническим развитием линии, наличием электроэнергии, топлива и обеспеченностью кадрами (локомотивные бригады, дежурные по станции и др.).

Пропускную способность железнодорожных линий рассчитывают по перегонам, участкам движения с учетом мощности устройств электрооборудования на электрифицированных железных дорогах. По наименьшим из рассчитанных по этим элементам значениям пропускной способности, называемой результативной, устанавливают пропускную способность участка или линии в целом.

Пропускная способность участка по ограничивающему перегону:

$$N = 1440 \cdot k / T,$$

где T - период графика на ограничивающем перегоне;

k - число пар поездов или поездов данного направления, пропускаемых за один период графика.

На транспорте движение поездов осуществляется по графику. График движения поездов представляет план всей эксплуатационной работы дороги и является основой организации перевозок. Движение поездов по графику достигается строгим 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 этих подразделений, график движения дает возможность осуществить их необходимое взаимодействие.

График движения поездов должен обеспечивать: удовлетворение по-

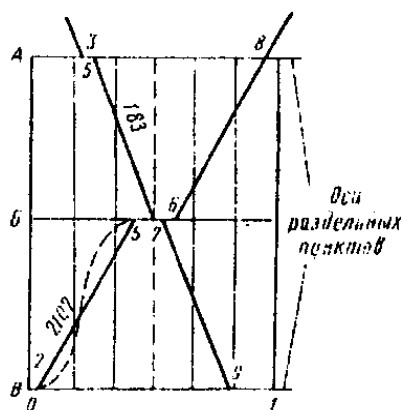


Рис. 7.1. График движения поездов

требностей в перевозках пассажиров и грузов; безопасность движения поездов; наиболее эффективное использование пропускной и провозной способности участков 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 (рис. 7.1).

Графики движения поездов классифицируют по следующим признакам:

в зависимости от скорости движения поездов параллельные и непараллельные (нормальные) (рис. 7.2);

по числу главных путей на перегонах однопутные и двухпутные (рис. 7.3);

по соотношению числа поездов в четном и нечетном направлениях парные (это число одинаковое), и непарные (различное).

В зависимости от расположения поездов попутного следования графики различают пачечные, пакетные и частично пакетные. При пачечном графике (рис. 7.4) поезда двигаются друг за другом с разграничением межстанционным перегонном. При пакетном графике (рис. 7.5, а) поезда следуют пакетами с разграничением во времени или блок-участками при автоблокировке. При частично пакетных графиках (рис. 7.5, б) часть поездов движется одиночно, а часть - пакетами.

Для составления графика должны быть определены его основные элементы:

время хода поездов различных категорий по перегонам;

продолжительность стоянки поездов на станциях для выполнения технических, грузовых и пассажирских операций;

станционные интервалы;

интервалы между поездами в пакете; время нахождения локомотивов на станциях локомотивного депо и в пунктах оборота.

Время хода поезда определяется тяговыми расчетами и уточняется на основании опытных поездок и достижений передовых машинистов. Это время устанавливается отдельно для каждой категории пассажирских и грузовых поездов при движении по каждому пе-

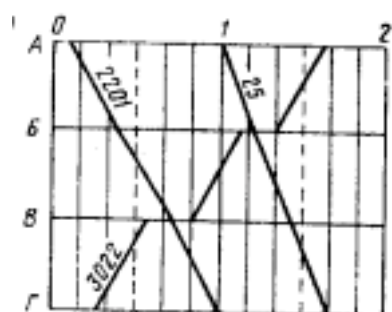
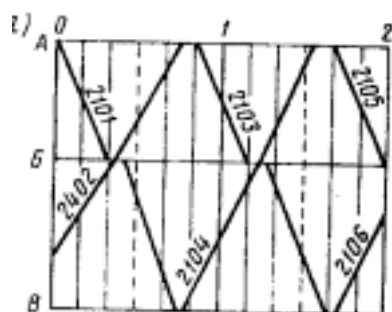


рис. 7.2. Однопутный график: а – параллельный; б – нормальный

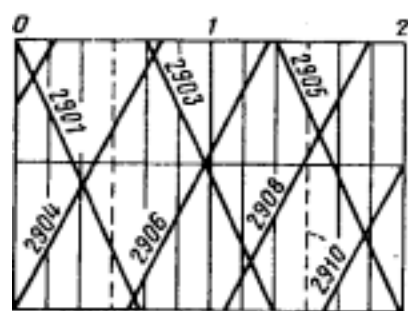


рис. 7.3. Двухпутный график

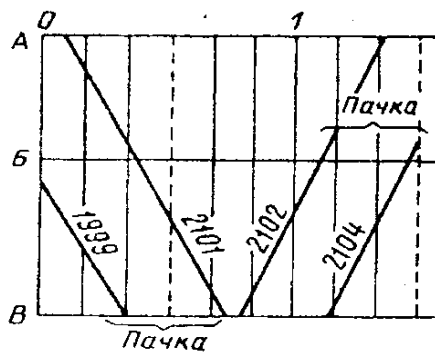


Рис. 7.4 Пачечный график

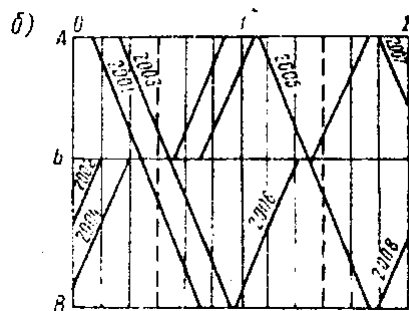
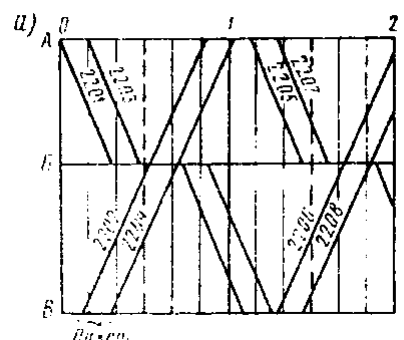


Рис. 7.5. График на однопутном участке:
а - пакетный; б - частично пакетный

региону в четном и нечетном направлениях.

Продолжительность стоянки поездов под техническими, пассажирскими и грузовыми операциями зависит от категории поездов, типа станции и определяется технологическим процессом ее работы.

Важным элементом графика являются станционные интервалы (рис. 7.6), т. е. минимальные промежутки времени, необходимые для выполнения операций на раздельных пунктах по приему, отправлению и пропуску поездов.

Интервалом скрещения τ_c называется минимальный промежуток времени между прибытием, с однопутного перегона на раздельный пункт одного поезда до отправления на тот же перегон встречного поезда.

Интервалом неодновременного прибытия $\tau_{ин}$ называется минимальный промежуток времени между прибытием на раздельный пункт двух поездов противоположных направлений. Соблюдение этого интервала требуется при пропуске одного из поездов сходу и при остановке обоих поездов на раздельном пункте.

Интервалом попутного следования $\tau_{пс}$ называется минимальный промежуток времени между прибытием на раздельный пункт одного поезда и отправлением с предыдущего раздельного пункта следующего поезда того же направления.

Этот интервал определяется затратой времени на контроль прибытия или проследования первого поезда в полном составе через станцию, на связь между раздельными пунктами и на открытие выходного сигнала или выдачу разрешения на отправление второго поезда с предыдущей станции.

Интервалы неодновременного отправления и прибытия $\tau_{он}$ и неодновременного прибытия и отправления $\tau_{по}$ поездов, следующих в том же направлении, предусматриваются лишь в случае, когда ПТЭ запрещают производить эти операции одновременно по условиям профиля при подходе к станции с имеющимися на ней устройствами СЦБ и при отсутствии изоляции маршрутов отправляемого и принимаемого поездов.

Станционный интервал	Схема интервалов	Станционный интервал	Схема интервалов
Скрещения τ_c: при пропуске одного из поездов сходу при остановке обоих поездов		Попутного следования $\tau_{пс}$	
Неодновременного прибытия $\tau_{нп}$: при пропуске одного из поездов сходу при остановке обоих поездов		Неодновременного прибытия и отправления $\tau_{по}$ Неодновременного отправления и прибытия $\tau_{оп}$	

Рис. 7.6. Станционные интервалы

Станционные интервалы определяют построением графика выполняемых операций исходя из максимального совмещения их и конкретных условий работы. Интервалы зависят в основном от средств сигнализации и связи на прилегающих перегонах, способа управления стрелками и сигналами, схемы раздельного пункта (длины горловины, числа стрелок, входящих в маршрут приема и отправления поездов и др.), профиля подхода к раздельному пункту. Например, при автоблокировке и электрической централизации стрелок интервал скрещения может составить 1 мин, интервал неодновременного прибытия - 2 мин; при полуавтоматической блокировке и механической централизации интервал скрещения - 2 мин, интервал неодновременного прибытия - до 4 мин и интервал попутного следования - 2-3 мин.

Одним из элементов графика при автоблокировке является интервал между поездами в пакете I . Он определяется наименьшим промежутком времени, необходимым для безопасного следования по перегонам одного поезда вслед за другим и создания условий обеспечения нормальных скоростей движения поездов. По заданному интервалу I производится расстановка светофоров при проектировании автоблокировки на участках. Однако при изменении условий эксплуатации (скорости движения, рода тяги, массы состава и т. п.) изменяется и значение I . Так, при современных видах тяги, особенно при электрической, благодаря высоким скоростям движения интервалы между поездами в пакете могут быть доведены до 8-

6 мин, а на участках, прилегающих к крупным центрам, для пригородных поездов - до 4-3 мин.

Интервал между поездами в пакете может быть рассчитан при автоблокировке исходя из нормальной схемы разграничения поездов в пакете тремя блок-участками, при этом второй поезд следует на зеленый огонь без снижения скорости:

$$I = 0.06 \frac{l'_{\text{бл}} + l''_{\text{бл}} + l'''_{\text{бл}} + l_n}{V_x},$$

где $l'_{\text{бл}}, l''_{\text{бл}}, l'''_{\text{бл}}$ - длина блок-участков, м;

l_n - длина поезда, м;

V_x - средняя ходовая скорость поезда на протяжении L_p , км/ч;

0,06 - переводной коэффициент, так как исчисляется в км/ч, а интервал - в мин.

Нормы продолжительности нахождения локомотивов на станциях локомотивного депо и в пунктах оборота зависят от того, заходит ли локомотив в депо или оборот его осуществляется непосредственно на приемо-отправочных путях. В первом случае продолжительность стоянки складывается из времени нахождения локомотива на пути прибытия, прохода на территорию депо, выполнения там технических операций, возвращения из депо на путь отправления и простоя у состава до отправления поезда. Во втором случае время нахождения локомотива на станции значительно уменьшится.

Продолжительность операций с локомотивами устанавливается на основе хронометражных наблюдений с учетом передовых приемов работы.

Для составления графика, кроме основных его элементов, должны быть известны размеры движения пассажирских и грузовых поездов, нормы их массы и длины и другие данные. В целях взаимной увязки графиков движения ОАО РЖД передает дорогам схемы движения пассажирских поездов и основные данные о передаче грузовых поездов по пунктам перехода с одной дороги на другую.

При составлении графика прокладывают линии хода пассажирских поездов, затем ускоренных грузовых, отправительских и ступенчатых маршрутов постоянного обращения и, наконец, всех остальных поездов.

Поезда, предназначенные для выполнения местной работы на участке, в том числе сборные, прокладывают по заранее составленной схеме с таким расчетом, чтобы простой местных вагонов на промежуточных станциях был наименьшим. Грузовые поезда стремятся распределить на графике равномерно в течение суток, так как при этом создаются условия для ритмичной работы станций и сокращается время нахождения локомотивов в пунктах оборота. Наряду с этим на электрифицированных линиях улучшается использование мощности локомотива и создается равномерная нагрузка на тяговые подстанции. С этой же целью чередуют на графике линии хода грузовых и пассажирских поездов, особенно в периоды сгущенного движения, предусматривают следование одного поезда на подъ-

ём в то время, когда другой идет под уклон и т. д.

Прокладку линий хода грузовых поездов на графиках однопутных участков в большинстве случаев начинают с ограничивающего перегона. *Ограничивающим* называется перегон, время занятия которого парой поездов или поездом является максимальным. Ограничивающим чаще всего бывает перегон, имеющий наибольшую длину и тяжелый профиль. Как видно на рис. 7.7 это время, называемое периодом графика T , для рассматриваемого случая составит:

$$T = t' + t'' + 2\tau_c,$$

где t' и t'' - время хода соответственно нечетного и четного поездов по ограничивающему перегону с учетом их разгона после отправления;
 τ_c - интервал скрещения.

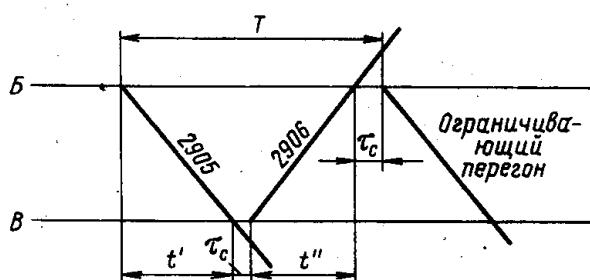


Рис. 7.7. Период графика

При заполнении ограничивающего перегона должна быть использована та схема пропуска поездов, которая обеспечивает прокладку наибольшего числа их при заданных условиях. Например, в случае, приведенном на рис. 7.7, таковой может быть схема пропуска поездов с ходу с ограничивающего перегона при

$$\tau_c + t_p < \tau_{ин} + t_3$$

где t_p — время на разгон поезда;

t_3 — время на замедление поезда.

После заполнения ограничивающего перегона прокладываются линии хода грузовых поездов на остальных перегонах.

Прокладку поездов на графиках двухпутных линий начинают с перегона, примыкающего к узловой станции или к станции оборота локомотивов, с тем, чтобы прежде всего увязать оборот локомотивов на этих станциях.

График движения поездов разрабатывают на наибольшие размеры движения, предусмотренные на период его действия. Кроме того, при значительных колебаниях размеров перевозок, а также для производства плановых работ по реконструкции и капитальному ремонту пути, осмотру и ремонту контактной сети, электрификации линии составляют и вводят в действие на определенный период варианты графики. В графиках для производства больших объемов работ предусматривают «окна», в течение которых определенные перегоны предоставляют в распоряжение путевой или строительной организации.

График движения составляют одновременно для всей сети железных дорог сроком на 1 год и вводят в действие в мае. На зимний период его корректируют в связи с сезонными изменениями размеров перевозок. Форма графика едина для всех дорог России. На основе графика издаются расписания движения поездов для служебного и общего пользования. Разработка графиков движения производится с помощью автоматизированной системы управления перевозочным процессом. Одновременно с

графиком движения поездов и на его основе составляют график оборота локомотивов.

График движения характеризуется количественными и качественными показателями. К количественным относятся: число грузовых и пассажирских поездов, нанесенных на график, размеры погрузки и выгрузки, которые могут быть освоены при данном графике, и др.

К основным качественным показателям графика относятся: техническая, участковая и маршрутная скорости (отдельно для грузовых и пассажирских поездов), коэффициент скорости, средние простои транзитных поездов и локомотивов на участковых станциях.

Технической скоростью V_m называется средняя скорость движения поездов по участку (в км/ч) с учетом дополнительного времени на разгон и замедление

$$V_m = \sum NL / \sum NT_{\text{ог}},$$

где $\sum NL$ - сумма поездо-километров (пробег всех поездов, предусмотренных в графике);

$\sum NT_{\text{ог}}$ - сумма поездо-часов (время нахождения всех поездов в движении с учетом разгона и замедления).

Участковая скорость V_y отличается от технической тем, что она учитывает стоянки на промежуточных станциях

$$V_y = \frac{\sum NL}{\sum NT_{\text{ог}} + \sum NT_{\text{см}}},$$

где $\sum NT_{\text{см}}$ - общее время стоянки поездов на промежуточных станциях.

Коэффициент скорости β представляет собой отношение участковой скорости к технической, т. е.

$$\beta = V_y / V_m.$$

Маршрутной называется средняя скорость (в км/сут) движения поездов на направлении от начального до конечного пунктов их следования с учетом всех стоянок на отдельных пунктах. Подсчитывается она отдельно для дальних пассажирских, ускоренных грузовых, отправительских маршрутов, а в некоторых случаях и для сквозных поездов.

Средние простои транзитных поездов и локомотивов определяют непосредственно по графику делением суммарной продолжительности простоев на число соответственно транзитных поездов и локомотивов.

Рассмотренные показатели подсчитывают для участка, отделения, дороги и сети в целом.

Контроль за ходом выполнения плана перевозок, анализ использования технических средств, а также планирование, учет и оценка работы невозможны без системы показателей, определяющих эксплуатационную работу. Эти показатели делятся на количественные и качественные.

Количественные показатели характеризуют объем перевозочной работы. К ним относятся:

объем перевозок (отправления) грузов (млн. т);

грузо- и пассажирооборот, число перевезенных пассажиров (т - км

брутто, пассажира - км, млн. чел.);

число вагонов или тонн грузов, погруженных за сутки;

работа вагонного парка, определяемая для всей сети числом вагонов, погруженных за сутки, для дорог и отделений - суммой вагонов своей погрузки и принятых груженых вагонов от других дорог и отделений,

$$\text{т. е. } U = U_n + U_{zp}^{np},$$

где U_n - число своих вагонов, погруженных за сутки;

U_{zp}^{np} - число вагонов принятых груженными.

Так как эти вагоны могут быть или выгружены, или сданы груженными, работа определяется как сумма выгруженных и сданных груженых вагонов.

Основными качественными показателями работы железных дорог и их подразделений служат: выполнение плана перевозок, графика движения и плана формирования поездов; техническая, участковая и маршрутная скорости движения поездов; степень использования подвижного состава, определяемая:

- оборотом, бюджетом времени, среднесуточным пробегом и производительностью локомотивов;

- оборотом и среднесуточным пробегом вагонов;

- производительностью грузовых вагонов.

Оборот, бюджет времени, среднесуточный пробег и производительность локомотива более подробно рассмотрен в следующей главе.

Оборот вагона определяют в виде зависимости:

$$V = \frac{1}{24} \cdot \left(\frac{l}{V_y} + \frac{l}{L_g} \cdot t_{mex} + k_m \cdot t_{zp} \right),$$

где $l = \sum nS / U$ - полный рейс вагона - расстояние, проходимое им за время оборота в груженом и порожнем состояниях, км;

$\sum nS$ - общий пробег груженых и порожних вагонов в среднем за сутки, вагоно-км;

U - работа в вагонах;

L_g - вагонное плечо - среднее расстояние между техническими станциями, км;

t_{mex} - средний простой транзитного вагона на одной технической станции, ч;

k_m - коэффициент местной работы, определяемый числом грузовых операций, приходящихся на единицу работы :

$$k_m = (U_n + U_g) / U,$$

где U_n, U_g - соответственно число погруженных и выгруженных вагонов;

t_{zp} - простой вагонов, приходящийся на одну грузовую операцию (погрузку или выгрузку), ч.

Первое слагаемое в формуле оборота вагона представляет собой время нахождения вагона в поездах на участке (в движении и на промежуточных станциях); второе слагаемое - время нахождения транзитного ва-

гона на технических станциях (в транзитных поездах и под переработкой) и третье слагаемое - время нахождения на станциях погрузки и выгрузки. Распределение времени оборота вагона по элементам (в %) дано на рис. 7.8 в среднем по сети дорог.

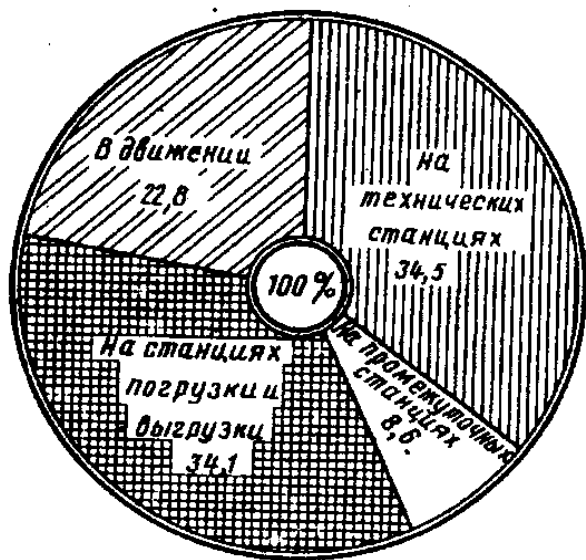


Рис. 7.8. Расчленение оборота вагона на элементы

Оборот вагона может быть определен также и в зависимости от работы U и численности рабочего парка n , т.е. от числа вагонов, предназначенных для выполнения плана перевозок. Если, например, нужно ежедневно грузить 1000 вагонов, а оборот их составляет 5 суток, то погруженные в 1-й день вагоны поступят под следующую погрузку лишь на 6-е сутки, а в течение 5 суток потребуется представлять под погрузку другие вагоны в количестве $n = Uv = 1000 \cdot 5 = 5000$ вагонов. Отсюда следует, что оборот вагона $v = n/U$.

Сократив таким образом оборот, можно ту же работу выполнить меньшим числом вагонов и высвободить их для дополнительной погрузки. Оборот вагона имеет большое государственное значение, им определяют не только качество использования подвижного состава и транспортные издержки, но и продолжительность перевозки самих грузов.

Среднесуточный пробег вагона определяют делением полного рейса на оборот вагона, или суммы вагоно-километров на рабочий парк:

$$S = l/v$$

или

$$S = \sum nS/n.$$

Одним из важнейших комплексных показателей качества использования вагона является его производительность, приходящаяся на каждый вагон рабочего парка в сутки.

$$W_e = \sum pl/n,$$

где $\sum pl$ - сумма т км нетто в грузовом движении.

Для анализа перевозочного процесса важно иметь экономическую оценку выполнения показателей эксплуатационной работы. Для этой цели на дорогах разрабатывают специальные справочники применительно к местным условиям.

7.4 Оперативное планирование и руководство поездной работой. Функции поездного диспетчера. Роль дежурного по отделению дороги

Выполнение перевозок пассажиров и грузов требует четкой организации управления движением поездов и взаимодействия работников службы перевозок и других служб. Система управления движением поездов - это техническое и оперативное планирование эксплуатационной работы, регулирование перевозок и перевозочных средств, оперативное руководство движением поездов и анализ выполненной работы.

Для выполнения плана перевозок с наименьшими затратами необходимо обеспечить все подразделения железных дорог требуемым числом вагонов и локомотивов, а также установить наиболее прогрессивные нормы их использования. Этой цели служит техническое нормирование, заключающееся в разработке технических нормативов эксплуатационной работы: количественных заданий, качественных показателей, норм рабочего парка вагонов и эксплуатируемого парка локомотивов. Количественные задания содержат: размеры погрузки-выгрузки, сдачи порожних вагонов из-под выгрузки (регулирующее задание); число поездов и вагонов, передаваемых по стыковым пунктам и др.; качественные показатели - оборот и рейс вагона, коэффициент порожнего пробега, производительность локомотивов и вагонов, скорости движения поездов.

Система оперативного планирования предусматривает установление на определенный период размеров грузового движения и необходимого для этого эксплуатируемого парка локомотивов, а также составление суточных, а по отделениям и станциям, кроме того, сменных планов поездной и грузовой работы. Размеры движения по каждому участку на определенный период устанавливает служба перевозок, она же заблаговременно сообщает их производственным единицам.

Регулирование перевозок и перевозочных средств заключается в осуществлении мероприятий, направленных на устранение затруднений в продвижении вагонопотоков и отклонений от технических нормативов, обеспечении устойчивой и ритмичной работы участков движения и в целом железных дорог. К этим мероприятиям относится перераспределение вагонного и локомотивного парков в соответствии с изменившимся объемом работы, регулирование погрузки по дням, направлениям и роду подвижного состава.

Оперативное руководство перевозочным процессом осуществляет диспетчерский аппарат, имеющий сменное дежурство. На дорогах эту задачу выполняет ЕДЦУ (единый диспетчерский центр управления), в ОАО РЖД центр управления перевозками (ЦУП) по группам дорог - оперативно-распорядительные отделы департамента перевозок. Оперативной работой станций руководят дежурные по станции, на крупных станциях станционные и маневровые диспетчеры.

В отделениях дорог движением поездов руководят поездные диспетчеры. Участки, которыми они ведают, называются диспетчерскими кругами. Границами этих кругов являются, как правило, участковые и сортировочные станции. Смену поездных диспетчеров возглавляет дежурный по отделению; он координирует действия поездных и локомотивных диспетчеров, на электрифицированных участках и энергодиспетчеров. Во время

дежурства движением поездов на участке единолично руководит поездной диспетчер. Основная его задача обеспечить движение поездов по графику, а в случае нарушения его - ввод опоздавших поездов в график. С этой целью он принимает регулировочные меры: сокращение стоянок поездов на отдельных пунктах, отправление поездов по неправильному пути на двухпутных участках, изменение порядка и пунктов скрещения и обгона поездов и др.

Большое значение для совершенствования организации движения поездов и приведения в действие неиспользованных резервов имеет анализ эксплуатационной работы железнодорожной сети, дорог, отделений и станций. Он позволяет выявлять степень выполнения плановых норм и показателей, причины отклонения от них и наметить меры, необходимые для выполнения установленных норм и заданий. Различают анализ оперативный и периодический. Оперативный заключается в разборе результатов работы за смену и сутки, периодический за более длительный срок - неделю, декаду, месяц, год. В процессе анализа особое внимание уделяют вопросам безопасности движения и изучению передовых методов труда.

Создание СФТО, ДИСПАРК, ГИД, ДИСЛОК, внедрение систем автоматического считывания информации с подвижного состава, разработка ряда других систем создали предпосылки для реального управления вагонопотоками при непрерывном планировании, постоянном контроле за перевозками и финансовой оценке работы.

8. ОРГАНИЗАЦИЯ ЭКСПЛУАТАЦИИ И РЕМОНТА ЛОКОМОТИВОВ

8.1 Структура локомотивного хозяйства. Классификация и распределение локомотивного парка

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 локомотива.

По виду тяги различают тепловозные, электровозные, моторвагонные, дизельные, паровозные 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, в процессе пересылки в холодном состоянии и др.

В зависимости от вида движения локомотивный парк подразделяется на три группы: локомотивы, занятые в пассажирском движении; локомотивы, занятые в грузовом движении, и локомотивы, занятые на маневровой и хозяйственной работах.

По роду выполняемой работы различают: поездные, передаточные и вывозные локомотивы, специально маневровые и занятые на прочих видах работы.

Локомотивы хозяйственного движения перевозят грузы для нужд собственно железнодорожного транспорта. К локомотивам, занятым на прочих видах работы, относятся локомотивы, обслуживающие пожарные и вспомогательные поезда, снегоочистители и др.

Локомотивы, выполняющие вспомогательную работу, следующие в двойной тяге, подталкивании, одиночном следовании, а также локомотивы, ожидающие работы, относятся к тому виду движения, к которому относится выполняемая ими работа.

Локомотивы распределяются по отдельным железным дорогам, где они числятся на балансе и составляют инвентарный парк дорог. Локомотивы, приписанные к депо, числятся на его балансе и составляют его инвентарный парк. Следует стремиться, чтобы в депо эксплуатировались локомотивы одной-двух серий, так как многосерийность осложняет организацию их эксплуатации и ремонта.

Локомотив зачисляется в инвентарный парк дороги и депо с момента подписания акта приемки начальником депо или его заместителем по ремонту, мастером цеха ремонта и приемщиком локомотивов. В зависимости от состояния и места работы локомотивный парк учитывается по определенным группам.

Инвентарный парк локомотивов подразделяют на парки в распоряжении дороги (депо) и вне распоряжении дороги (депо). Парк локомотивов в распоряжении дороги (депо) подразделяется на эксплуатируемый и неэксплуатируемый. Такое распределение локомотивов по паркам учитывается при расчетах показателей их использования. В инвентарный парк депо (дороги) входят все локомотивы, приписанные к депо (дороге), за исключением локомотивов, временно

прикомандированных из других депо (дорог). На каждый локомотив инвентарного парка составляется технический паспорт, хранимый в депо приписки, в котором отражаются данные технического состояния локомотива, а также фиксируются производимые ремонты и модернизация.

8.2 Показатели использования локомотивов. Способы обслуживания поездов локомотивами и локомотивов бригадами

Для оценки качества эксплуатационной деятельности подразделений локомотивного хозяйства принята система показателей. Эти показатели характеризуют качество труда работников локомотивных депо и эффективность эксплуатации локомотивов. Показатели делятся на количественные и качественные.

К количественным показателям использования локомотивов относят:
годовой пробег:

$$\sum MS_{\text{общ}} = 365 \cdot (\sum MS_{\text{эл}} + \sum MS_{\text{лин}} + \sum MS_{\text{всп}} + \sum MS_{\text{ман}} + \sum MS_{\text{ус}}),$$

где $\sum MS_{\text{эл}}$ - пробег во главе поезда;

$\sum MS_{\text{лин}}$ - линейный пробег;

$\sum MS_{\text{всп}}$ - вспомогательный линейный пробег;

$\sum MS_{\text{ман}}$ - условный пробег специально маневровых локомотивов;

$\sum MS_{\text{ус}}$ - условный пробег за исключением специально маневровых локомотивов;

перевозочную работу:

$$A = \sum_1^n 2l_i \cdot n \cdot Q_{\text{ср}i},$$

где l - длина i – го участка обслуживания, км;

n - число пар поездов на i – ом участке;

$Q_{\text{ср}i}$ - средняя масса состава брутто на i – ом участке, т.

К качественным показателям использования локомотивов относятся:
оборот локомотива по участку:

$$O = \frac{2l}{V_y} + \sum (\tau_{\text{сб}}^{\text{л}} + \tau_o^{\text{л}} + \tau_{\text{нр}}^{\text{л}}), [\text{ч}]$$

где l - длина участка тягового обслуживания, км;

V_y - средняя участковая скорость движения поездов, км/ч;

$\tau_{\text{сб}}^{\text{л}}$ - среднее время нахождения локомотива на станции смены бригад внутри участка обращения, ч;

$\tau_o^{\text{л}}, \tau_{\text{нр}}^{\text{л}}$ - среднее время нахождения локомотивов соответственно в пункте оборота и на станции приписки под операциями (экипировка, техосмотр и др.), ч;

бюджет времени локомотива:

$$t_{\text{ос}} + t_{\text{нс}} + t_{\text{сб}} + t_o + t_{\text{нр}} = 24 \text{ ч}$$

или

$$\frac{100}{24}(t_{\text{дв}} + t_{\text{нс}} + t_{\text{сб}} + t_{\text{о}} + t_{\text{пр}}) = 100\%,$$

где $t_{\text{дв}}$ - часть времени, в течение которого локомотивы находятся в движении на перегонах;

$t_{\text{нс}}, t_{\text{сб}}, t_{\text{о}}, t_{\text{пр}}$ - часть времени, в течении которого локомотивы простаивают соответственно на промежуточных станциях, станциях смены бригад, в пунктах оборота и на станциях приписки;

суточная производительность (т-км брутто/локомотивы):

$$W_{\text{л}} = \sum ql / M_{\text{э}},$$

где $\sum ql$ - общие т-км брутто на участках обращения локомотивов за сутки;

$M_{\text{э}}$ - эксплуатируемый парк локомотивов, находящихся во всех видах движения/ под техническими операциями и осмотрами;

среднесуточный пробег локомотивов (в км)

$$S_{\text{л}} = \sum ML / M_{\text{э}},$$

где $\sum ML$ - общий линейный пробег локомотивов, локомотиво-км;

средняя масса поезда брутто (в т) определяется как частное от деления выполненной перевозочной работы (в т-км брутто) на пробег поездов за этот же период, т. е.

$$Q_{\text{ср}} = \sum ql / \sum NL.$$

Также к качественным показателям относятся: коэффициент потребности в локомотивах; участковая, ходовая и техническая скорости; время полезной работы в чистом движении.

Существуют три способа организации работы локомотивов с поездами: плечевой, кольцевой и петлевой, применение которых зависит от размещения основного депо, станции формирования поездов и размеров транзитности поездопотока.

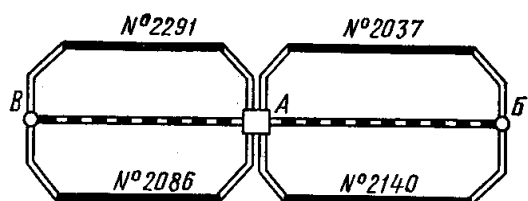


Рис. 8.1. Плечевой способ обслуживания

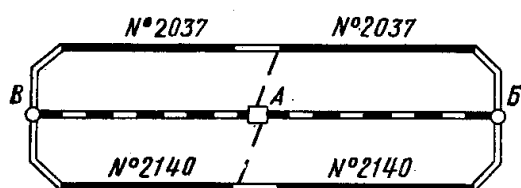


Рис. 8.2. Кольцевой способ обслуживания

Плечевой способ применяется, когда основное депо расположено на граничной станции участка обращения (рис. 8.1). Заключается он в том, что локомотив, вышедший из основного депо, обслуживает поезд до пункта оборота, где после отцепки от состава проходит предусмотренное техническое обслуживание, после чего прицепляется к ближайшему по времени отправления составу обратного направления и следует с ним до станции основного депо. На этой станции локомотив отцепляют от состава и в большинстве

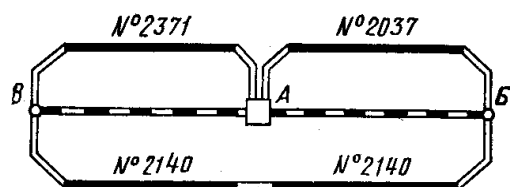


Рис. 8.3. Петлевой способ обслуживания

случаев направляют в депо для очередного технического обслуживания: экипировки, производства ТО-2, смены бригад; затем цикл работы (оборот) повторяется.

Кольцевой способ (рис. 8.2) обслуживания поездов может применяться, если основное депо расположено на участке обращения между двумя граничными станциями с

оборотными депо. Локомотив, выйдя из основного депо, следует с поездом до станции с пунктом оборота, где отцепляется от состава, проходит очередное техническое обслуживание, если требуется ТО-2, и экипировку, затем со встречным поездом возвращается на станцию с основным депо. Здесь без отцепки от состава, если он транзитный, может производиться экипировка локомотива, смена бригад и после технической и коммерческой обработки состава локомотив следует на другой участок к станции со вторым оборотным депо.

Таким порядком локомотив работает до очередного технического обслуживания (ТО-3), которое производится в основном депо.

При кольцевом способе обслуживания поездов снижается загрузка горловин приемо-отправочных парков станций с основным депо, увеличивается их пропускная способность, ускоряется оборот вагонов и локомотивов, так как время нахождения локомотива на станции основного депо сокращается примерно в 2-3 раза, и на 5-12% уменьшается эксплуатируемый парк локомотивов.

Петлевой способ работы локомотивов применяется так же, как кольцевой, в случае размещения станции с основным депо на участке обращения между граничными станциями с оборотными депо (рис. 8.3). Один раз за полный оборот на примыкающих участках локомотив отцепляется от поезда и заходит в основное депо для экипировки и технического обслуживания (ТО-2 и при необходимости ТО-3). Петлевой способ обслуживания поездов локомотивами менее эффективный, чем кольцевой, и может быть вызван нерациональным расположением станционных парков отправления, отсутствием там экипировочных устройств, потребностью выполнения ТО-2 в основном депо.

Известно несколько способов обслуживания локомотива бригадами: сменный - очередными сменными бригадами, назначаемыми на работу по мере окончания отдыха; прикрепленный - определенным количеством постоянно прикрепленных к локомотиву бригад: 1, 2, 3, 4; комбинированный - на части участка постоянно прикрепленными бригадами, а на части - сменными; турный - когда локомотив обслуживается несколькими (обычно четырьмя) постоянно закрепленными за ним бригадами, из которых 2-3 (или все) находятся в поездке и поочередно отдыхают в специальном вагоне, прикрепленном к локомотиву, а 1-2 отдыхают дома. Этот способ обслуживания применяется

при специальных командировках локомотивов с бригадами.

При сменном обслуживании локомотивов возможны следующие способы организации их работы:

по принципу обслуживания видов движения - раздельное, т. е. отдельно бригадами грузовых и пассажирских поездов, и совместное, т. е. грузовых и пассажирских поездов одними и теми же бригадами;

по схемам обслуживания участков - плечевая и накладная езда. Накладная езда дает более широкие возможности для выбора рационального варианта организации работы локомотивных бригад и догрузки бригад отдельных депо за счет перераспределения между депо заданных объемов работы.

Прикрепленный способ обслуживания локомотивов применялся как основной при паровой тяге, при этом ограничивалась протяженность участка работы локомотива без отцепки от поезда. Реконструкция локомотивного хозяйства - замена паровозов тепловозами и электровозами, конструктивные их особенности (широкое, внедрение автоматики в управление и защиту агрегатов), укрепление и развитие ремонтной базы и повышение квалификации работников локомотивного хозяйства дала возможность перейти к наиболее прогрессивному обслуживанию локомотивов сменными локомотивными бригадами.

Применение сменного обслуживания позволило организовать работу локомотивов без отцепки от поезда на участках значительной протяженности - до 1000 км и более, своевременно предоставлять бригадам дни отдыха нормальной продолжительности, отдых перед поездками, обеспечивать равномерную их загрузку, точно выполнять месячную норму рабочих часов, ликвидировать простои локомотивов, связанных ранее с предоставлением бригадам отдыха в оборотных и основных депо.

8.3 Локомотивные бригады

Локомотивная бригада назначается для управления локомотивом и его обслуживания в соответствии с требованиями Правил технической эксплуатации железных дорог РФ, правил текущего ремонта, приказов и инструкций Департамент локомотивного хозяйства ОАО РЖД. Локомотивная бригада, обслуживающая локомотив, состоит из двух человек: машиниста и его помощника. Машинист возглавляет бригаду, является ответственным за состояние и управление локомотивом и ведение поезда.

Повышение надежности локомотивов, внедрение автоматики в его управление и возросшая квалификация машинистов позволяют обслуживать моторвагонного поезда и поездных локомотивов производить по разрешению Департамента локомотивного хозяйства ОАО РЖД одним машинистом без помощника, а маневровых локомотивов - по разрешению начальника дороги. Маневровые тепловозы преимущественно обслуживаются одним машинистом. Это значительно

повышает производительность труда локомотивных бригад.

Для обслуживания моторвагонных поездов и поездных локомотивов одним машинистом необходимо наличие устройств автоматической остановки на случай потери машинистом способности к ведению поезда. На маневровых тепловозах должен быть второй пульт управления и радиостанция. Порядок обслуживания локомотивов одним машинистом, обеспечивающий безопасность движения, устанавливается начальником дороги в зависимости от местных условий.

При обслуживании маневровых локомотивов одним машинистом их подбор ведется с соблюдением специальных требований к возрасту, квалификации и некоторым индивидуальным качествам характера. Локомотивы в этих случаях оборудуются независимо от наличия АЛСН устройствами контроля бдительности для автоматической остановки поезда (локомотива) в случае потери машинистом бдительности - способности к осознанному ведению поезда и соблюдения правил технической эксплуатации, а в маневровых тепловозах применяют второй пульт управления и радиостанцию.

На участках с интенсивным движением поездов при большой скорости (120-150 км/ч) пассажирские локомотивы обслуживают два машиниста, периодически сменяющие друг друга в управлении локомотивом. Квалификация машиниста (право самостоятельного управления локомотивом) присваивается дорожной квалификационной комиссией помощникам машиниста, имеющим необходимое образование, 3-й слесарный разряд и определенный стаж (не менее 18 месяцев) работы действующим помощником на поездных локомотивах.

Для машинистов локомотива установлена квалификация I, II, III и IV классов, I класс — высший. Установлена классность для помощников машиниста. Помощники I класса имеют право управления локомотивом. Важным условием слаженной и эффективной работ локомотивных бригад, обеспечения безопасности движения поездов является соблюдение постоянства состава каждой бригады. Систематическое обучение машинистов и их помощников передовым методам обслуживания локомотивов и ведения поездов, экономии топлива (электроэнергии), повышения квалификации, а также контроль за выполнением бригадами требований правил технической эксплуатации, приказов и инструкций Департамента локомотивного хозяйства ОАО РЖД, управления и отделения дороги осуществляют машинисты-инструкторы (один машинист-инструктор на 50 локомотивных бригад).

Локомотивная бригада обязана являться на работу в установленное время в работоспособном состоянии. После явки на работу к дежурному по депо бригада знакомится с последними приказами и распоряжениями в книге приказов и расписывается в их знании, а также делает запись в техническом формуляре о содержании последних. Затем бригада направляется в медпункт, где после прохождения медосмотра врач ставит в маршруте машиниста специальный: штамп «Медосмотр произведен».

При приемке локомотива в депо машинист должен лично осмотреть

экипажную часть локомотива, ознакомиться с записями в Журнале технического состояния локомотива формы ТУ-152 и убедиться, что все ранее указанные в нем неисправности локомотива устранены, проверить его соответствие ПТЭ, установить скоростемерную ленту и только после этого приводить локомотив в движение.

При приемке локомотива на станционных путях от прибывшей бригады, кроме ранее перечисленных работ, принимающая бригада проверяет работу радиосвязи, АЛС, фиксирует показания счетчиков расхода электроэнергии или дизельного топлива и др. Кроме того, принимающая бригада оценивает качество технического обслуживания ТО-1 сдавшей бригадой.

По прибытии на станцию оборота бригада сдает локомотив. Перед сдачей машинист обязан сделать запись в журнале формы ТУ-152 об обнаруженных им неисправностях, снять скоростемерную ленту, зафиксировать расход топлива или электроэнергии.

После сдачи локомотива на станции основного депо бригада является к дежурному по депо, сдает ему маршрут и уточняет время явки на следующую поездку, после чего поездка считается завершенной, а бригада отправляется домой на отдых.

Во время поездки бригада обязана строго выполнять цикл работ по поддержанию в нормальном техническом состоянии локомотива, который предусмотрен техническим обслуживанием ТО-1. Во всех случаях выхода из строя агрегатов локомотива, вызвавших остановку поезда на перегоне или промежуточной станции, машинист докладывает по радиосвязи поездному диспетчеру о случившемся и с учетом обеспечения безопасности движения принимает все меры для следования локомотива с поездом до станции смены бригад, когда невозможно ничего сделать, требует подсылки резервного локомотива.

Контроль за работой локомотивных бригад осуществляют машинист-инструктор, заместитель начальника депо по эксплуатации, работники ревизорского аппарата отделения (РБТ) и управления дороги (РБ), работники локомотивного отдела отделения дороги (НОДТ) и службы локомотивного хозяйства (Т).

Различают явочный и списочный штат (контингент) локомотивных бригад. Явочный штат состоит из бригад, занятых на работе с поездами, на маневрах, с локомотивами на станциях и территории депо (в процессе приема-сдачи, технического обслуживания) и находящихся на отдыхе после работы.

Списочный штат составляют бригады, которые оформлены на постоянную работу в данном депо. Он больше явочного на число работников, заменяющих находящихся в очередном и учебном отпусках, в командировках, выполняющих государственные и общественные обязанности, и больных.

Кроме постоянного штата, в депо есть временный штат, привлекаемый к работе на период максимальных (сезонных) перевозок. Этот штат комплектуется из практикантов - учащихся профессионально-

технических училищ, студентов техникумов и транспортных вузов, командированных бригад из других депо.

Месячный бюджет времени бригады, включенный в явочный штат, можно расчленить на следующие составляющие: рабочее время; время отдыха в оборотном и в основном депо (домашний отдых); время выходных дней.

Нормирование этих элементов ведется в соответствии с Положением о рабочем времени и времени отдыха работников железнодорожного транспорта и Кодекса законов о труде (Трудовое законодательство РФ).

Рассмотрим каждую из составляющих месячного бюджета времени локомотивных бригад.

Рабочее время. Каждая локомотивная бригада обязана выработать в течение месяца положенную норму часов, которая определяется по каждому конкретному месяцу из расчета 40-часовой рабочей недели.

Для всех локомотивных бригад, кроме маневровых, вывозных и хозяйственных, применяется суммарно-помесячный учет рабочего времени, предусматривающий суммирование нарастающим итогом рабочего времени за каждую очередную выполненную поездку. Маневровые, вывозные и хозяйственные бригады работают по графикам с фиксированным временем начала и окончания смен, продолжительность которых составляет 12 ч, а в некоторых депо - 8 ч. Трудовое законодательство РФ допускает возможность превышения месячной нормы часов на 24 ч, но не более 120 ч за год.

Эти переработки относятся к сверхурочным работам и крайне нежелательны.

Рабочее время бригады считается от момента явки к месту постоянной работы по расписанию, наряду или вызову и до сдачи локомотива.

Время работы локомотивной бригады по обслуживанию пары поездов можно назвать рабочим оборотом локомотивной бригады. Рабочий оборот локомотивной бригады включает следующие затраты рабочего времени:

основное время - ведение поезда по участку с учетом простоев на промежуточных станциях в ч,

вспомогательное время - передвижение локомотива от контрольного поста (включая время на отметку маршрута машиниста на контрольном посту) до состава, прицепка к составу; опробование тормозов поезда; передвижение локомотива от состава на контрольный пост оборотного пункта (включая время на отметку маршрута); получение и сдача грузовых документов на станции, получение разрешения на отправление поезда, справки о тормозах, письменного предупреждения;

время регламентированных технологических перерывов - ожидание отправления поезда после опробования тормозов до момента отправления, установленного расписанием;

подготовительно-заключительное время - прием, экипировка и сдача локомотива и другие действия, выполненные бригадой в основном депо и

пункте оборота до прохода локомотивом контрольного поста при следовании из депо к составу и после прохода контрольного поста при возвращении локомотива в депо от состава, а также прохождение локомотивной бригадой медицинского осмотра.

При работе со сборными поездами в обороте бригады учитывается время для маневровой работы на станциях.

Важным нормативом является продолжительность непрерывной работы локомотивной бригады. Согласно Трудовому законодательству РФ максимальная продолжительность непрерывного рабочего времени не должна превышать 8 ч. В отдельных случаях по согласованию с профсоюзом рабочих железнодорожного транспорта и транспортного строительства время может быть увеличено до 12 ч.

Время, затраченное локомотивной бригадой на ожидание поезда для следования «пассажиrom» и следование «пассажиrom», хотя и учитывается как рабочее время, но не включается в непрерывную продолжительность работы.

Увеличение времени непрерывной работы свыше установленной по графику движения и более 12 ч не допускается, за исключением случаев стихийных бедствий и чрезвычайных обстоятельств. В этих случаях увеличение времени производится приказом начальника отделения дороги.

Повышение скорости движения потребует снижения продолжительности непрерывной работы до 4-3 ч и выполнения дополнительных мероприятий по созданию комфортных условий труда в кабине управления локомотива (снижение вибрации, шума, установка устройств кондиционирования воздуха, улучшение освещения, обзорности и др.).

Отдых в пункте оборота локомотивных бригад должен быть равен половине времени непрерывной работы локомотивной бригады, но не менее 3-х часов.

По завершении очередной поездки локомотивной бригаде предоставляется отдых в пункте жительства (отдых в основном депо).

Возможность изменения продолжительности отдыха в основном депо широко используется при составлении именных расписаний с целью ликвидации случаев работы бригад более двух ночей подряд, что запрещено КЗоТом.

Ночной поездкой считается каждая поездка, рабочее время которой попадает в интервал местного времени от 1 ч до 5 ч утра.

Еженедельные выходные дни предоставляются бригаде равномерно в течение всего месяца и в любой из дней недели. Количество выходных дней в месяце равно количеству воскресных дней конкретного месяца.

8.4 Экипировка локомотивов

Комплекс операций по снабжению локомотивов дизельным топливом, смазкой, песком, водой, обтирочными материалами, а также

осмотру и очистке деталей называют экипировкой локомотивов, а устройства, обеспечивающие их выполнение – экипировочными устройствами.

На экипировочные операции затрачивается до 15% времени оборота локомотивов, и сокращение этого времени увеличивает полезную работу локомотивов, повышает эффективность их использования. Большинство экипировочных операций приурочивается к моменту проведения очередного технического обслуживания и нахождения локомотивов в основном или оборотном депо.

Работу тепловозов и электровозов целесообразно организовать так, чтобы они как можно реже заходили на тяговую территорию основных и оборотных депо для экипировки и больше времени находились в работе, т.е. осуществляли перевозки пассажиров и грузов.

Эффективна работа локомотивов по кольцу, когда они обслуживают два смежных тяговых плеча с заходом в основное депо только для технического обслуживания или осмотра. Смена локомотивных бригад производится на станции основного депо за время простоя состава под техническими операциями.

При работе тепловозов и электровозов по кольцу без отдыха бригад в оборотных депо, экипировку локомотивов проводят на приемо-отправочных путях станции основного депо за время простоя состава под техническими операциями. В этом случае локомотив в оборотном депо не заходит на тяговую территорию для экипировки, время же затрачивается только на переезд его из парка прибытия в парк отправления, а также на осмотр и ожидание поезда.

Если же на отдельных тяговых плечах не представляется возможным организовать экипировку на приемо-отправочных путях, то она может производиться на станциях оборотных депо при переезде локомотива из парка в парк без захода на тяговую территорию.

В тех случаях, когда локомотив работает на длинных тяговых плечах с простоем по отдыху бригад в одном из оборотных депо, экипировка выполняется в этом депо во время отдыха локомотивных бригад.

Локомотивы, выходящие из технического обслуживания или ремонта, экипируются на тяговой территории основного депо.

Размещение пунктов экипировки локомотивов производится с учетом максимального возможного пробега между наборами топлива и песка.

Норма расхода песка и топлива зависит от климатических условий, оцениваемых температурой наружного воздуха, трудности пути, оцениваемой типом профиля, массы состава и серии локомотива. Следовательно, эти факторы определяют размещение пунктов экипировки на линии железной дороги.

Локомотивы могут экипироваться как на открытых позициях, так в закрытых экипировочных депо (на дорогах с суровыми климатическими условиями, при расчетных наружных температурах воздуха ниже - 25° С).

В состав устройств для экипировки электровозов входят стойла, склады для хранения и устройства для выдачи смазочных масел и песка, а

также производственно-бытовые помещения. Электровоз устанавливается для экипировки на смотровые канавы. Они сооружаются глубиной 1,2 и шириной 1,4 м. Длина канавы определяется длиной экипируемого электровоза с прибавлением на входы в канаву 1,5 м с каждого конца.

Так как в экипировочном депо контактный провод не подвешивается, ввод электровоза в стойла производится постоянным током пониженного напряжения.

Пескораздаточные бункера размещаются на железобетонных или металлических опорах, установленных на междупутье. Бункера располагаются так, чтобы обеспечивалось снабжение электровоза песком с одной постановки его, без передвижки. Сушка песка производится в барабанных сушилках. Запасы песка хранятся в крытых хранилищах и на открытых площадках. Для загрузки песочниц и осмотра пантографов электровоза по бокам каждого экипировочного пути устраиваются смотровые площадки, огражденные перилами и оборудованные лестницами. Моторно-осевые подшипники заправляются смазкой из малораздаточных колонок, установленных возле смотровых канав. Масло к этим колонкам подается сжатым воздухом из расходных баков кладовой по трубопроводу, уложенному в канале.

Запас индустриального, осевого и трансмиссионного масел хранится в металлических или железобетонных резервуарах, оборудованных устройствами для подогрева. Подача масел из резервуаров-хранилищ в расходные баки кладовой производится насосами или сжатым воздухом. Масла из цистерны сливаются на специальном железобетонном пути, имеющем приемные колодцы, паропроводы и устройства для разогрева масел.

Для экипировки тепловозов у смотровых канав на расстоянии 3,0 м от оси пути устанавливаются раздаточные колонки для подачи дизельного топлива, масла и охлаждающей воды. Для слива дизельного топлива, масла и жидкого каустика из цистерн устраивается сливная эстакада на расстоянии 3,0 м от оси сливного пути. Для разогрева нефтепродуктов сливная эстакада оборудуется змеевиковыми паровыми подогревателями с поворотными кранами. Дизельное топливо из цистерн сливается через горловины сифонным способом или перекачивается насосами в хранилища. Хранение дизельного топлива обычно осуществляют в металлических сварных вертикальных цилиндрических резервуарах, которые располагаются на специальных площадках. Из резервуаров дизельное топливо подается насосами к раздаточным колонкам.

В производственном корпусе располагаются: отделение для приготовления охлаждающей воды, насосная, кладовые, а иногда и регенерационное отделение, предназначенное для очистки и восстановления нормального качества смазочных масел.

Контроль за качеством дизельного топлива, смазочных материалов, а также за приготовлением охлаждающей воды осуществляется деповской лабораторией.

Кроме стационарных имеются передвижные экипировочные

устройства в виде поездов и заправщиков на базе грузовых автомобилей. Они применяются для экипировки маневровых локомотивов, работающих на станциях, удаленных от стационарных экипировочных пунктов и одиночных локомотивов на новостройках (временная эксплуатация).

Экипировочный поезд состоит из двух цистерн с дизельным топливом, двух вагонов пескораздатчиков, вагона с запасом смазочных и обтирочных материалов, воды, а также насосного и силового оборудования. Поезд раз в сутки заправляется на стационарных экипировочных устройствах и может одновременно экипировать два тепловоза, а за сутки до 30 тепловозов с затратой времени на одну экипировку до 30 минут.

8.5 Основы технического обслуживания и ремонтов локомотивов

Техническое состояние локомотивов в процессе эксплуатации изменяется. Оно ухудшается вследствие изнашивания деталей и механизмов, нарушения регулировок, ослабления креплений, поломок и других неисправностей. В электрических машинах изменяются (ухудшаются) физические и механические свойства электроизоляции. Понижается надежность локомотива.

Ресурс надежности, заложенный в конструкции локомотива при проектировании и постройке, постепенно расходуется, и при его значении ниже определенного уровня может произойти порча (отказ) локомотива, что может стать причиной аварии, чаще - нарушения графика движения поездов, перерасхода топлива или электроэнергии, остановки на железнодорожном участке и т. п. Подобные явления могут возникнуть и внезапно.

Для предупреждения этих недопустимых явлений создана и функционирует система технического обслуживания (ТО) и текущих ремонтов (ТР). Система ТО и ТР включает комплекс работ для поддержания и восстановления исправности или только работоспособности локомотива и МВПС.

Техническое обслуживание отличается от ремонтов объемом и содержанием работ. Большинство работ на ТО выполняют на ТПС без снятия оборудования и применения станочной обработки. Основные восстановительные работы при ТО: регулировки, слесарная обработка на месте, замена негодных или быстро изнашивающихся деталей при достижении ими предельных допусков на новые, подтяжка, крепление, добавление или смена смазочных материалов в узлах трения.

Проведение ТО должно обеспечивать высокий коэффициент технической готовности локомотивов и мотор-вагонного подвижного состава, их бесперебойную и безаварийную работу в соответствии с графиком движения поездов, длительную работоспособность. Особому контролю подвергаются ходовые части, тормозное оборудование, устройства локомотивной сигнализации, скоростемеры, приборы контроля

бдительности и радиосвязи, т. е. все узлы и агрегаты, исправное состояние которых обеспечивает безопасность движения поездов.

Ремонтами называют комплекс операций, выполняемых с целью восстановления исправности или работоспособности ТПС и восстановления его ресурса (ресурса его элементов), регламентного внешнего вида, соответствующего требованиям ПТЭ, а также устранения отказов и неисправностей, возникающих при работе ТПС на линии или выявляемых в процессе технического обслуживания ТО.

Объемы обязательных работ, выполняемых при всех видах технического обслуживания и ремонта ТПС каждого вида и типа (серии), регламентируются Правилами текущего и капитального ремонта электроподвижного состава, тепловозов, дизель-поездов, Инструкцией по техническому обслуживанию электропоездов в эксплуатации.

Для поддержания надежности ТПС на необходимом уровне стандарт рекомендует следующую регламентацию выполнения видов ТО и ТР:

1) регламентированные ТО и ТР, выполняемые в объеме и в межремонтный период, установленными нормативно-технической документацией независимо от технического состояния ТПС (планово-предупредительный ремонт);

2) техническое обслуживание с периодическим контролем, при котором объем операций по поддержанию исправности и работоспособности определяется техническим состоянием ТПС в момент начала ТО;

3) техническое обслуживание с непрерывным контролем. При таком порядке операции, необходимые для поддержания исправности и работоспособности ТПС, выполняют по мере надобности на основе непрерывного наблюдения за техническим состоянием ТПС в эксплуатации;

4) ремонт по техническому состоянию. В этом случае объем и момент начала ремонта определяют по фактическому техническому состоянию единицы ТПС, а техническое состояние контролируется в объеме и в сроки, установленные нормативно-технической документацией. По существу - это ремонт по потребности.

Утвержденный объем работ каждого обслуживания и ремонта называют его характеристикой. Промежуток времени или пробег между двумя смежными ТО или ТР, имеющими одну и ту же характеристику, называют межремонтным периодом.

Ремонт по потребности назначается независимо от пробега локомотива и определяется фактом отказа в эксплуатации и обнаружением на ТО неисправности или предельно допустимого износа.

Планово-предупредительный ремонт назначается после выполнения определенного пробега (или времени работы) локомотива.

Основой установления системы планово-предупредительных ремонтов являются наблюдения за изменениями состояния локомотивов, приводящими к отказам при нормальных условиях эксплуатации.

На железнодорожном транспорте РФ для единиц ТПС принята

планово-предупредительная система технического обслуживания и ремонтов, т. е. регламентированное выполнение ТО и ТР. Для этой системы характерны:

постановка локомотивов в ремонт после нормированного пробега или времени работы, устанавливаемых приказом Департамента локомотивного хозяйства ОАО РЖД;

фиксированный объем ремонтных работ;

профилактическое проведение ремонтных работ, т. е. не после отказов оборудования, а заранее с целью их предупреждения;

чередование ремонтов разной сложности и их повторяемость после определенного межремонтного пробега.

Система планово-предупредительных ремонтов обеспечивает более высокую безопасность движения, меньшее число случайных отказов, чем при ремонтах по техническому состоянию (по потребности), обеспечивает больший коэффициент технической готовности ТПС, разновременность загрузки ремонтного оборудования и бригад. Но для высокой эффективности планово-предупредительной системы ремонтов необходимо правильное назначение межремонтных пробегов на основе данных о процессах износа и прогнозирования его развития. Основой для определения межремонтных пробегов являются статистические данные о неисправностях и отказах оборудования единиц ТПС в эксплуатации. Определяют базовые - наиболее ответственные детали, узлы и агрегаты, от состояния которых зависит безопасность движения, безотказность работы ТПС. Отдельные базовые детали, узлы и агрегаты группируют по наработкам на отказ, трудоемкости восстановительных, ремонтных работ, что дает возможность выбрать оптимальный ремонтный цикл (чередование ремонтов и межремонтные периоды). За критерий оптимальности принимают минимум затрат на ТО и ТР, максимальное использование локомотивов в эксплуатационной работе и др.

Совокупность видов обслуживания и ремонтов образует ремонтный цикл, который характеризуется структурой и периодичностью.

Структура - количество и последовательность выполнения всех видов обслуживаний и ремонтов за полный межремонтный период, т. е. за время работы или пробега локомотива в эксплуатации от постройки до второго капитального ремонта или между двумя такими ремонтами.

Периодичность - время работы или пробег локомотива между двумя очередными ремонтами или видами технического обслуживания.

Структура и периодичность ремонтного цикла основываются, как указывалось ранее, на исследованиях надежности локомотивов, а так как надежность локомотивов изменяется в связи с совершенствованием конструкции локомотивов, улучшением методов и технологии ухода за локомотивами в эксплуатации, изменяются периодичность и структура ремонтного цикла.

Дифференцированные нормы пробега или продолжительности работы электровозов и тепловозов между техническими обслуживаниями и ремонтами для различных железных дорог установлены Департаментом

локомотивного хозяйства (ЦТ) ОАО РЖД на основе общесетевых норм в зависимости от типа локомотива и условий эксплуатации. Эти нормы при прочих равных условиях во многом зависят от нагрузочных режимов локомотива.

В соответствии с указанием МПС № П – 1328у с 01.10. 2002 г. на железных дорогах РФ действует следующая система планово-предупредительного технического обслуживания и ремонта электровозов, тепловозов, электро- и дизель-поездов, образующая ремонтный цикл:

технические обслуживания ТО-1, ТО-2, ТО-3 - для предупреждения появления неисправностей и поддержания локомотивов в работоспособном и надлежащем санитарно-гигиеническом состоянии, обеспечивающем их бесперебойную работу и безотказность движения;

техническое обслуживание ТО-4 - для обточки бандажей колесных пар без выкатки их из-под локомотивов с целью устранения проката бандажей;

техническое обслуживание ТО-5 - для подготовки локомотивов в запас, подготовки к эксплуатации после изъятия из запаса, или локомотивов прибывших в недействующем состоянии после постройки, ремонта или передислокации, а также при отправлении на капитальный, средний ремонт или на другие дороги;

текущие ремонты ТР, ТР-1, ТР-2, ТР-3 - для восстановления основных эксплуатационных характеристик и работоспособности локомотивов с целью обеспечения безопасности движения поездов в заданных межремонтных периодах;

средний ремонт СР – для восстановления эксплуатационных характеристик, полного или частичного восстановления ресурса основных узлов и агрегатов локомотивов, частичной замены трубопроводов, кабелей, проводов и оборудования с выработанным ресурсом на новое;

капитальные ремонты: КР – с целью восстановления эксплуатационных характеристик, исправности и полного ресурса всех узлов, агрегатов и деталей (включая базовые), полной замены проводов, кабелей, модернизации конструкции; КРП – для продления срока службы локомотивов, восстановления и улучшения их эксплуатационных характеристик, усиления несущих базовых элементов конструкции, замены оборудования на новое, соответствующее современному техническому уровню.

Среднесетевые нормы периодичности технического обслуживания и ремонта локомотивов основных серий представлены в табл. 8.1, 8.2.

Пробег локомотивов между ТО-4 устанавливается исходя из допустимой величины проката бандажей перед обточкой без выкатки колёсных пар из-под локомотива и средней интенсивности его нарастания. Исследования показали, что допустимый прокат бандажей составляет 5-6 мм (предельно допустимый - 7 мм). Интенсивность нарастания проката бандажей определяется по статистическим данным.

Исчисление межремонтных периодов в календарном времени удобно для планирования эксплуатационной работы и ремонтного обслуживания

локомотивов, но не учитывает колебаний суточного пробега подвижного состава и, следовательно, фактического износа, который сильно коррелируется с пробегом. Поэтому межремонтный период в календарном времени принимается только для маневровых, вывозных и передаточных локомотивов и моторвагонного состава, загрузка которых относительно стабильна.

Таблица 8.1

Среднесетевые нормы межремонтных периодов (электровозы)

Вид работ и серия электровоза	Нормативные межремонтные периоды					
	ТО-2 (час.)	ТО-3 (тыс. км.)	ТР (тыс. км.)	СР (тыс. км.)	КР (тыс. км.)	КРП (тыс. км.)
Поездн.эл-зы						
ВЛ-10, 10у, ВЛ-80	72	15	30	600	2400	3000
ЧС-2,	48	15	30	500	2100	2500
ЧС-7, ЧС-8,	48	15	30	600	2100	2400
ЭП1	72	-	30	600	2400	3600

Таблица 8.2

Среднесетевые нормы межремонтных периодов (тепловозы)

Серия тепловоза и дизель-поезда	Нормативные межремонтные периоды					
	Техническое обслуживание		Текущие ремонты (месяц/тыс.км.)		средний ремонт (лет/тыс.км)	капитальный ремонт (лет/тыс.км)
	ТО-2	ТО-3	ТР	ТР-3	СР	КР
После КРП1 ТЭ10 М, У, С	72 ч.	15 т. км	60 т.км		400 т.км	1600 т.км
После КРП2 ТЭ10М, У, С, ТЭП70	72 ч.	15 т. км	60 т.км		600 т.км	2400 т.км
ТЭМ2, ЧМЭЗ	120 ч.		6 мес.		4 года	16 лет
Не подлежащие КРП						
ТЭ10 Л, В, М62, ТЭ П60	72 ч.	10 т. км	50 т.км	300 т.км	КР-1 600 т.км	КР-2 1200 т.км
ТЭМ1, ЧМЭ2	100 ч.	40 сут	9 мес	36 мес	9 лет	-

Сроки работы локомотивов и моторвагонного подвижного состава между техническими обслуживаниями ТО-2 устанавливаются начальником железной дороги в пределах 24—48 ч независимо от выполненного пробега.

Организационные формы ТО и ТР должны обеспечивать максимальную вероятность выявления и устранения всех неисправностей локомотивов при минимальных затратах трудовых и материальных ресурсов и простоях их в ремонтном обслуживании.

Применяют два основных метода выполнения ТО и ТР: индивидуальный и агрегатный и две основных формы организации ремонтных работ - стационарную и поточную.

Индивидуальный метод ремонта предусматривает возвращение деталей, агрегатов и узлов после ремонта на тот же локомотив, с которого они были сняты.

При агрегатном методе ремонта на ремонтируемый локомотив устанавливают заранее отремонтированные или новые детали, узлы и агрегаты из технологического запаса. В этом случае ремонтные мастерские работают не непосредственно на конкретный локомотив, а на пополнение технологического запаса, т. е. на кладовую.

Агрегатный метод дает существенное сокращение простоя локомотивов в ремонте, причем особую эффективность обеспечивает крупноагрегатный метод, при котором предусматривается замена на ремонтах таких крупных узлов и частей локомотивов, как тележки в сборе, дизель-генераторная установка, силовые трансформаторы электровазотов переменного тока, компрессоры и т. п.

Непременным условием применения агрегатного или крупноагрегатного метода ремонта является взаимозаменяемость агрегатов, узлов и деталей локомотивов. Агрегатный метод приводит к значительному повышению производительности труда ремонтных бригад, улучшению качества работ, снижению себестоимости ремонта, исключает непредвиденные задержки, вызываемые различным объемом ремонтных работ, что обеспечивает выпуск локомотивов точно по графику.

При стационарной форме организации ремонтных работ локомотив в течение всего периода ремонта находится на одном рабочем месте, оборудованном в соответствии с объемом и характером ремонтных работ и обслуживаемом прикрепленной комплексной бригадой рабочих.

Поточной называют такую форму организации ТО и ТР, при которой объем обслуживания и ремонтных работ разбивают на технологически однородные, равные по суммарной трудоемкости части и закрепляют их за несколькими специально оборудованными рабочими местами (постами), образующими поточную линию. Каждый пост (рабочее место) обслуживает специализированная группа рабочих или часть комплексной бригады. Локомотив в процессе ремонта передвигают с одного рабочего места (поста) на другой через равные промежутки времени, называемые тактом поточной линии.

Условиями применения поточной формы ремонта являются:

достаточная программа однотипных ремонтов;

сравнительно небольшие отклонения объемов и трудоемкости ремонтов;

возможность расчленения объема ремонта на технологически родственные группы операций равной трудоемкости по числу постов поточной линии.

Основные достоинства поточной формы работ:

поток дисциплинирует производство, сокращаются непроизводительные потери рабочего времени и простой локомотивов в ремонте;

распределение ремонтных работ по отдельным специализированным

постам со строго определенным объемом работ обеспечивает возможность высокого насыщения их специализированным технологическим оборудованием, механизацию трудоемких процессов и четкую организацию рабочих мест в соответствии с требованиями научной организации труда (НОТ), благодаря всему этому резко повышается производительность труда;

закрепление за постами групп ремонтных рабочих дает возможность обеспечить четкое разделение труда между рабочими разных специальностей, освободить высококвалифицированных рабочих от выполнения вспомогательных работ;

поток обеспечивает удобство технического руководства и контроля качества работ на всех постах, что способствует высокому качеству ремонта;

снижается себестоимость ремонтных работ по сравнению с другими формами ремонта;

лучше используются производственные площади.

Главное условие экономичности поточной формы организации ремонта - однотипность и постоянный объем ремонтных работ на локомотивах, в противном случае такт поточной линии приходится рассчитывать с большим запасом (резервом), что снижает ее экономическую эффективность. Поточная форма организации ТО и ТР сочетается с агрегатным методом работ.

В практике электровозных и тепловозных депо применяют разные формы и методы ТО и ТР. Для ТО-2 и ТО-3 можно рекомендовать поточную форму в сочетании с индивидуальным методом ремонтных работ. Для этих видов обслуживания поточная линия должна состоять из трех позиций: на первой позиции производятся уборочно-моечные работы, на второй - осмотр, ревизия, регулировка, на третьей - контроль, заправка смазочными материалами.

Стационарную форму организации ремонта в сочетании с агрегатным методом в условиях депо применяют на ТР-1 и ТР-2, а также при неплановых ремонтах и при обточке бандажей колесных пар (ТО-4). Для выполнения ТР-3 и СР при достаточной программе ремонтов (не менее 150 тепловозов или электровозов в год) следует рекомендовать поточную форму ремонта, при малой программе - стационарную. Во всех случаях обязательно применение агрегатного и крупноагрегатного методов.

Конструкции электроподвижного состава и тепловозов усложняются, что объективно диктуется требованиями увеличения мощности, снижения энергетических затрат на тягу поездов, повышения безопасности движения, автоматизацией управления с выбором оптимальных режимов и т. д.

Особенно большой сложностью отличаются схемы современных локомотивов с тиристорно-импульсными системами управления, с передачами переменного тока. Усложняется не только электрическая, но и механическая часть за счет использования более сложных систем

подвески и передач, тормозных и рессорных систем. В связи с этим увеличивается объем контрольных работ на ТО и повышаются требования к их качеству и эффективности. Исследования показывают, что из общего количества операций ТО более 50% приходится на контрольные работы. В то же время анализ технологических процессов ТО и ТР, например тепловозов, показывает, что еще недавно почти 2/3 рабочего времени использовалось непроизводительно: около 20% времени ТО затрачивалось на локализацию дефектной области (выявление неисправного узла или агрегата), около 40% - на поиск дефекта внутри этой области и только 35% - на восстановление (ремонт) отказавшего элемента. Поэтому столь актуальна разработка совершенных методов и средств выявления неисправностей, контроля технического состояния деталей, узлов и агрегатов локомотивов. Требуется и соответствующая организация технического обслуживания, совмещаемого с контрольно-диагностическими операциями, выполняемыми на специализированных позициях потока и стационарных постах с помощью специальных средств диагностирования.

Диагностирование - особый технологический процесс технического контроля - определение технического состояния и прогнозирование работоспособности оборудования по диагностическим параметрам, функционально связанным с рабочими параметрами, характеризующими техническое состояние этого оборудования. Диагностическими параметрами могут быть потребляемый ток, электрическое сопротивление, тепловой режим, вибрация и шумовой эффект, степень герметичности, наличие продуктов изнашивания трущихся деталей в смазочных маслах и т. д.

Технической диагностикой решаются три типа задач: 1) задачи диагноза, т. е. определение технического состояния, в котором находятся локомотив и его элементы в настоящий момент времени; 2) задачи прогнозирования состояния локомотива и его элементов, в котором они будут находиться в некоторый будущий момент времени; 3) задачи генеза - определение состояния локомотива и его элементов, в котором они находились в некоторый прошлый момент времени.

Позиции (посты) диагностики могут включаться в поточные линии ТО, ТР и СР в начале для выявления неисправностей, в конце - для контроля исправного состояния после ТО, ТР и СР. Входные и выходные посты диагностики могут совмещаться. Средства технической диагностики должны не только способствовать предупреждению отказов и выявлению неисправностей, но и прогнозировать остаточный ресурс исправной работы контролируемых агрегатов и узлов.

СЛОВАРЬ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ ТЕРМИНОВ

Автосцепка - устройство, которое служит для автоматического сцепления железнодорожного подвижного состава в поезд, передачи и смягчения продольных усилий и амортизации ударных нагрузок при движении, остановках и маневрах.

Асинхронный электродвигатель - электрическая асинхронная машина для преобразования электрической энергии в механическую.

База экипажа (колесная база) - расстояние между осями колесных или центрами пятниковых опор экипажа, характеризует продольные размеры экипажной части вагона, локомотива.

Балласт – 1) минеральный сыпучий материал, заполняющий пространство между нижней постелью шпал или других рельсовых опор и основной площадкой земляного полотна; 2) груз, создающий дополнительную нагрузку.

Боксование - вращение движущих колес локомотива с угловой скоростью, превышающей скорость, соответствующую поступательной скорости локомотива.

Букса - стальной корпус, в котором размещают подшипники, вкладыши, смазочные и подбивочные материалы. Обеспечивает соединение колесных пар с рамой тележки или вагона. Различают по типу осей, применяемых подшипников, а также по конструкции и размеру корпуса, по виду смазочных и поливочных материалов.

Буфер - устройство, служащее для амортизации продольных ударных и отжимающих усилий, действующих на подвижной состав в поезде и при маневровой работе.

Вагоны - единица подвижного состава. Колесный экипаж открытого или закрытого типа, оборудованный всем необходимым для перевозки грузов и пассажиров. К грузовым относятся крытые вагоны, полувагоны, платформы, цистерны и др.. Парк пассажирских вагонов состоит из пассажирских, багажных, почтовых, ресторанов и др..

Вагон багажный - предназначается для перевозки багажа в составе пассажирских поездов. Имеет типовые кузов, ходовые части, систему электроснабжения.

Вагоны грузовые - крытые вагоны, полувагоны, платформы, цистерны, изотермические и вагоны специального назначения.

Вагоны крытые - предназначены для перевозки штучных и насыпных грузов, требующих защиты от атмосферных осадков.

Вагоны пассажирские - состоят из пассажирских, багажных, почтовых, ресторанов, служебных и специальных вагонов. Бывают дальнего следования, межобластного и пригородного сообщения.

Вагонная тележка - поворотное устройство, на которое опирается кузов вагона.

Верхнее строение пути - часть железнодорожного пути, предназначенная для восприятия нагрузок от колес подвижного состава и передачи их на нижнее строение пути, а также для направления движения колес по рельсовой колее.

Винтовые пружины - применяют во всех тележках 4-х, 6-и, и 8-й осных вагонов как гасители колебаний.

Вихревые токи, токи Фуко - замкнутые электрические токи в массивном проводнике, которые возникают при изменении пронизывающего его магнитного потока.

Вес (масса) поезда (состава) - брутто грузовых и пассажирских поездов складывается из веса локомотива, веса тары вагонов и соответственно веса грузов или пассажиров.

Нетто - это брутто без веса локомотивов или вагонов. Брутто и нетто подсчитывают по натуральному листу поезда.

Выпрямительный преобразователь - статический преобразователь для преобразования (выпрямления) переменного тока в постоянный, а также для регулирования напряжения устройств железнодорожного транспорта.

Габарит - предельное внешнее геометрическое очертание предметов, сооружений, устройств.

График движения поездов - графическое изображение следования поездов на масштабной сетке, на которой движение поездов изображается прямыми наклонными линиями (линиями хода), по горизонтали сетки отложено время (в мин.), по вертикали - расстояние (в км.).

Грузооборот /нетто, брутто/ ж. д. - основной показатель работы железнодорожном транспорте по грузовым перевозкам. Грузооборот определяется как произведение количества перевезенного груза на расстояние перевозки (т-км).

Грузопоток - масса грузов (в т.), перевозимых транспортом в определенном направлении за рассматриваемый период (обычно за год).

Дальность перевозки грузов - расстояние перемещения грузов между пунктами их отправления и прибытия.

Движущая сила - внешняя сила, вызывавшая движение, которая зависит от сопротивления движению.

Дизель-поезд - состоит из моторных и прицепных вагонов, приводится в движение от дизелей. Предназначен для перевозки пассажиров на неэлектрифицированных линиях.

Дизель-электровоз - локомотив с электрическими тяговыми двигателями, способный работать как в автономном режиме, так и при питании от тяговых подстанций через контактную сеть.

Длина поезда - расстояние между осями сцепления передней автосцепки первой единицы и задней автосцепки последней единицы поезда, находящегося на прямолинейном участке пути.

Долговечность - свойство объекта сохранять работоспособное состояние при установленной системе технического обслуживания и ремонта.

Дополнительные сопротивления - создаются силами, возникающими в условиях движения поезда по уклонам, в кривых, трогания поезда с места, низких температурах, действии ветра, при работе подвагонных генераторов пассажирских вагонов.

Дополнительное сопротивление от кривизны пути - появляется вследствие отжатия поезда силами инерции в сторону внешнего рельса и возникновения трения гребней колес о боковую поверхность наружного рельса.

Дополнительное сопротивление от уклона профиля - определяют как $W_i = i$. Здесь i - уклон в тысячных; для подъема берется i со знаком "+", для спусков - со знаком "-".

Железная дорога - проложенный на местности рельсовый путь, предназначенный для движения специального подвижного состава.

Железнодорожный путь - комплекс инженерных сооружений и обустройств, расположенных в полосе отвода, образующих дорогу с направляющей рельсовой колеей.

Железнодорожная станция - отдельный пункт, имеющий путевое развитие, позволяющее производить операции по приему, отправлению, скрещению, обгону поездов, обслуживанию пассажиров, приему, выдаче грузов, а при развитых путевых устройствах - маневровую работу по формированию (расформированию) железнодорожных составов и технические операции с поездами.

Железнодорожный узел - находящийся в пункте пересечения или примыкания не менее 3-х железнодорожных линий комплекс технологически связанных между собой железнодорожных станций, главных, соединительных, подъездных путей, путепроводных развязок, вокзалов и т.д.

Зависимые кривые - смежные кривые, близко расположенные участки железнодорожного пути, каждый из которых влияет на условия движения поездов по смежному участку.

Износ рельсов - результат истирания головок рельсов, возникающего при взаимодействии их с колесами подвижного состава.

Искусственные сооружения - собирательное название сооружений, возводимых на пересечениях железных дорог с различными препятствиями (мосты, тоннели, дамбы и т.д.)

Карьерный железнодорожный транспорт - вид промышленного транспорта, тех. средства которого используются для перевозки вскрытых пород и полезных ископаемых из карьеров (разрезов).

Классификация - система соподчиненных понятий (классов объектов) какой-либо области знания или деятельности человека, часто представляемая в виде различных по форме схем, таблиц и используемая как средство для установления связей между этими понятиями или классами объектов.

Классификация железнодорожного транспорта - система понятий и показателей, характеризующих железнодорожный транспорт по назначению, принадлежности, виду работ и функциональным возможностям.

Колебания вагона - многократное поочередное возрастание и убывание перемещений, скорости, ускорения вагона в целом и его частей.

Колесная пара - несет на себе массу всего вагона и груза, направляет его по рельсовому пути и воспринимает жесткие и разнообразные по направлению удары от неровности пути. Состоит из оси с напрессованными на нее двумя колесами.

Колесо - основным типом колес являются стальные цельнокатанные. Бывают двух диаметров: 950 и 1050 мм. Наружная поверхность колеса, соприкасающаяся с рельсом, называется поверхностью катания.

Кольцевой маршрут - разновидность маршрута для перевозки грузов между постоянными отправителями и получателями.

Комбинированная езда - обслуживание локомотивов на определенных участках тягового плеча постоянно прикрепленными и сменными бригадами.

Коммерческий осмотр - проводится с целью определения пригодности вагонов для погрузки определенного груза, его состояния, сохранности в пути следования и на станции назначения.

Коммутация электрических цепей - разного рода переключения электрических соединений проводов, кабелей, машин, трансформаторов, аппаратов и приборов, производимые в установках, генерирующих, распределяющих и потребляющих электрическую энергию

Контактная сеть - комплекс устройств для передачи электроэнергии от тяговых подстанций к ЭПС через токоприемники.

Контейнерные перевозки - способ транспортирования грузов с использованием контейнеров, обеспечивающих беспересадочную доставку грузов.

Коэффициент сцепления - при неизменной массе локомотива характеризует его силу сцепления. Значение этого коэффициента зависит от многих факторов, в том числе от чистоты поверхности бандажей и рельсов, скорости движения, атмосферных условий /влажность и температура воздуха, осадки/, равномерности распределения нагрузок между тяговыми двигателями, группировки /схемы соединения/ тяговых двигателей, степени износа поверхности катания бандажей, степени проскальзывания колес относительно рельсов и т. д..

Коэффициент трансформации - отношение ЭДС, наводимых основным магнитным потоком, в первичной и вторичной обмотках электрического трансформатора.

Круговая кривая - дуга круга, служащая для плавного спряжения в горизонтальной плоскости двух смежных прямых участков железнодорожного пути.

Кузов - в кузове локомотива размещают электрическую аппаратуру, вспомогательные машины и пневматическое оборудование, а также запас песка. Кузова вагонов электропоездов - цельнометаллические несущей конструкции, т. е. все основные части кузова одновременно воспринимают действующие на вагон нагрузки. В кузове размещены сидения для пассажиров, а также оборудование освещения, отопления и др..

Листовые рессоры - различаются числом листов и их сечением. Листовые рессоры собирают из нескольких постепенно укорачивающихся, наложенных друг на друга и изогнутых по дуге стальных листов из желобчатой или плоской стали.

Локомотив - силовое тяговое средство, относящееся к подвижному составу и предназначенное для передвижения по рельсовым путям поездов или отдельных вагонов. К локомотивам относятся электровозы, тепловозы, паровозы, газотурбовозы. По роду выполняемой работы подразделяются на магистральные и маневровые, а также маневрово-вывозные.

Локомотивная бригада - группа работников, обслуживающая поездные или маневровые локомотивы, а также моторвагонные поезда, состоит из машиниста и его помощника, а на паровозах и кочегара.

Магнитный поток, поток магнитной индукции - поток вектора магнитной индукции через какую-либо поверхность.

Маневровая работа - работа на железнодорожной станции по перемещению вагонов и одиночных локомотивов в соответствии с установленным процессом. Процессы бывают: сортировочные, перестановочные, группировочные.

Маршрутная скорость - скорость движения поезда на данном железнодорожном направлении с учетом времени стоянок, разгонов, замедлений, задержек. Определяется, как произведение числа поездов на длину направления, деленное на продолжительность нахождения на данном направлении. Характеризует скорость доставки грузов.

Межламельное напряжение - напряжение, возникающее между двумя соседними ламелями (петушками) коллектора якоря электродвигателя, во вращающейся электрической машине постоянного тока.

Мощность локомотива - характеризует тяговые и скоростные качества локомотива, выражается отношением работы, выполняемой локомотивом, к интервалу времени ее совершения.

$$N = A/t = FS/t = FV ,$$

где A - работа; t - время; F - сила; S - путь, V - скорость.

Таким образом, N - это произведение силы тяги на скорость движения.

Наклонная тяга - элемент конструкции тележки тягового подвижного состава, передающий усилие от одного узла к другому.

Накопление состава - технологический процесс образования на станции железнодорожного состава. Продолжительность н.с. зависит от мощности вагонопотока данного назначения и размеров формируемого состава.

Нейтральная вставка - устройство тягового электроснабжения, применяемого в тех случаях, когда нарушения электрической независимости анкерных участков недопустимо.

Нижнее строение пути - элемент железнодорожного пути, на котором размещается верхнее строение пути.

Оборот вагона - основной показатель использования вагонного парка по времени, включающий цикл операций от момента окончания погрузки до момента

окончания следующей его погрузки. Характеризует как степень использования вагона, так и сложность работы.

Оборот локомотива - время необходимое для обслуживания локомотивом одной пары поездов на участке работы локомотивных бригад. Складывается из времени движения локомотива и времени нахождения его на промежуточных, сортировочных и участковых станциях.

Объем перевозок грузов на железной дороге - определяется суммой ввоза грузов (прибытия под выгрузку), вывоза грузов (отправления грузов собственной погрузки), транзита и перевозок внутри дороги. Объем перевозок на подъездных путях определяется суммой перевозок грузов переданных с подъездных путей на сети МПС, принятых с сети МПС и перевезенных по подъездным путям.

Организация движения поездов - система мероприятий, обеспечивающих безопасность движения, слаженность действий всех железнодорожных подразделений, минимальные сроки доставки грузов и перевозки пассажиров, использование высокопроизводительных технических средств и передовой технологии.

Основное сопротивление движению - создается силами трения между отдельными частями подвижного состава, силами взаимодействия подвижного состава и пути, силами сопротивления воздушной среды.

Пара поездов - единица пропускной способности на однопутных участках ж.д. Время, затраченное на пропуск п.п. разных направлений по ограниченному перегону составляет период графика.

Паровоз - имеет котел и паровую машину, с помощью которых химическая энергия топлива преобразуется в механическую.

Пассажиروоборот - основной показатель пассажирских перевозок. Произведение числа перевезенных пассажиров на расстояние их перевозки.

Пассажиропоток - число пассажиров, проследовавших в единицу времени по определенному участку железной дороги. Характеризует интенсивность перевозочной работы железнодорожной сети.

Пассажирский поезд - поезд для перевозки пассажиров, багажа и почты, сформированный из вагонов пассажирского парка.

Перевозки - пространственное перемещение пассажиров и грузов.

Платформы - предназначены для перевозки лесных, сыпучих, штучных и тарных грузов, не требующих защиты от атмосферных осадков.

Подвижной состав - подвижной состав используют для перевозок грузов и пассажиров. Различают тяговый подвижной состав, который движется сам, и вагоны, прицепляемые к нему, которые он тянет за собой. В зависимости от источника энергии и машин для превращения ее в механическую работу тяговый подвижной состав подразделяют на автономный и неавтономный.

Подрез гребня - вертикальный износ колеса. Для выявления применяют специальный шаблон.

Подшипник - опора вала или оси, фиксирующая положение вращающейся или качающейся части механизма по отношению к другим его частям.

Подъездной путь - железнодорожный путь необщего пользования, обеспечивающий перевозки предприятия и соединяющий промышленную железнодорожную станцию или грузовой пункт с отдельным пунктом железнодорожного транспорта общего пользования.

Поезд - сформированный сцепленный состав вагонов с одним или несколькими локомотивами или моторными вагонами, а также локомотивы без вагонов, моторные вагоны и др., отправляемые на перегон и имеющие установленные сигналы.

Поездная бригада - группа ж.д. работников, сопровождающая пассажирский поезд и обслуживающая пассажиров в пути.

Полевая сторона - часть пространства вдоль железнодорожного полотна, куда входит система электроснабжения от тяговой подстанции и к чему не относится система токосъемного устройства электрического тягового подвижного состава.

Полувагон - грузовой вагон, используемый для перевозки каменного угля, руды, лесопиломатериалов, проката металлов и других сыпучих, навалочных и штучных грузов, не требующих защиты от атмосферных осадков. П. не имеет крыши.

Приемно-отправочный путь - станционный путь, на котором выполняются технологические операции, связанные с приемом и отправкой поездов, посадкой и высадкой пассажиров, скрещением поездов и ожиданием обгона более срочными поездами.

Провозная способность - возможные объемы грузовых перевозок в млн. т груза, которые могут быть выполнены на данной железной дороге в течение года.

Продольный профиль пути - основной документ каждой ж. д. трассы. Содержит данные расположения на местности линии, отметки высот точек перелома профиля над уровнем моря, крутизну и данные уклонов, расположение кривых, их радиусы, длины.

Прокат бандажа - степень износа бандажа колесной пары подвижного состава в зависимости от его пробега и величины силы поперечного воздействия на путь.

Пропускная способность – 1) п.с. участка - размер движения поездов (пар поездов), который может быть выполнен в единицу времени в зависимости от технической оснащенности железных дорог участка и способа организации движения поездов; 2) п.с. станции - наибольшее число грузовых поездов и заданное пассажирских, которое может быть пропущено станцией за сутки по всем примыкающим направлениям, при полном использовании технических средств.

Рама тележки - часть несущей конструкции кузова. Одна из основных частей вагона, на которую в зависимости от его назначения укрепляют кузов.

Расчетный вес локомотива - вес локомотива с 2/3 запаса песка, смазочных материалов, топлива, со штатным комплектом инструмента, инвентаря, с учетом веса локомотивной бригады.

Резистор пусковой - сопротивление, включающееся в силовые цепи ЭПС

постоянного тока последовательно с тяговыми электродвигателями и предназначенное для реостатного пуска.

Рейс вагона - расстояние (км), которое, вагон проходит от одной погрузки до следующей.

Рекуперация - возвращение части электроэнергии, расходуемой в каком-либо процессе для повторного использования в том же процессе.

Рентабельность - доходность, прибыльность. Один из важнейших показателей экономической эффективности производства.

Сжатый воздух - воздух в тормозной магистрали поезда или отдельной единицы подвижного состава, находящийся под давлением до 10 атм и служащий для передачи усилия отжатия тормозных колодок.

Сила сцепления - внешняя, по отношению к колесной паре, сила, обеспечивающая перемещение экипажа по рельсам при передаче вращающего момента от тягового привода или тормозного момента от механической или электрической системы торможения.

Сила тяги - создаваемая двигателем колесного транспортного средства во взаимодействии с твердой поверхностью /путем/ управляемая внешняя сила, которая направлена в сторону движения.

Сила тяги локомотива - сила, которую развивает локомотив для передвижения поезда. Различают силу тяги локомотива на ободах колес (касательную силу тяги) и на автосцепке. Сила тяги локомотива тянет поезд, преодолевая его сопротивление, которое зависит от массы и скорости движения поезда, плана и профиля пути, других особенностей и условий движения и работы локомотива.

Силы сопротивления движению - складываются из сил сопротивления движению локомотива и состава. Различают основное сопротивление и дополнительное.

Скорость доставки грузов - среднесуточная скорость передвижения грузов за время перевозки.

Соединительный путь - станционный путь, который служит для соединения основных станционных путей и парков путей друг с другом, грузовыми площадками, складами и т.д.

Составная кривая - круговая кривая железнодорожного пути, отдельные части которой имеют различные радиусы.

Спрямление профиля - замена нескольких, рядом лежащих участков, одним, более простым. Разница между уклонами не должна превышать 3-4 тысячных, не спрямляются станции, расчетный и скоростной подъемы.

Структурная схема системы автоматического регулирования (САР) - графическое изображение такой системы в виде совокупности частей, на которые её можно разделить по определенным признакам, и связей между частями с указанием направления передачи воздействий.

СЦБ линии - применяются для четкой организации безопасного движения

поездов, повышения пропускной способности железных дорог и обеспечения автоматического регулирования движения поездов.

Тележка - служит для обеспечения направления движения вагона по рельсовому пути, распределения и передачи всех нагрузок на путь, а также восприятия тяговых и тормозных сил, обеспечения необходимой плавности хода.

Тепловоз - представляет собой локомотив с двигателем внутреннего сгорания - дизелем, превращающим химическую энергию, заключенную в топливе, в механическую.

Транзитные перевозки - перевозки пассажиров, грузов из одного пункта в другой через промежуточные пункты.

Тяга поездов - прикладная наука, изучающая действующие на поезд силы и связанные с ними вопросы движения поездов и работы локомотивов.

Тяговая подстанция - магистральной железной дороги - электроустановка для преобразования электроэнергии и питания электроэнергией электроподвижного состава и других потребителей на железной дороге.

Тяговая характеристика - графическая зависимость касательной силы тяги от скорости при установившихся режимах работы на различных ступенях регулирования в пределах допускаемых ограничений.

Тяговые расчеты - прикладная часть теории тяги поездов, в которой рассматриваются условия движения поезда и решаются задачи, связанные с определением сил, действующих на поезд и законов движения поезда под воздействием этих сил.

Тяговый электродвигатель - электродвигатель в специальном, тяговом исполнении, служащий для приведения во вращение колесных пар подвижного состава.

Участковая скорость - средняя скорость движения поезда по участку с учетом времени стоянок на промежуточных станциях, разгона, замедления и стоянок на перегонах.

Фидер - фидерная линия - воздушная или кабельная линия, соединяющая сборные шины распределительного устройства электростанции или преобразовательной (трансформаторной) подстанции с питаемыми от этих шин распределительными и потребительскими электрическими сетями.

Ходовая скорость - средняя скорость движения поезда по участку при безостановочном пропуске его через отдельные пункты.

Хоппер - саморазгружающийся грузовой бункерный вагон для перевозки массовых сыпучих грузов. Различают открытые и закрытые хопперы, с разгрузкой в междурельсовое пространство и на сторону от железнодорожного пути.

Цистерны - грузовые вагоны, кузовом которых является металлический цилиндрический резервуар. Для перевозки наливных грузов.

Экипаж локомотива - конструктивная часть тяговой железнодорожной единицы, обеспечивающая ее движение в рельсовой колее. Представляет собой повозку с

колесными парами, в которой располагается все необходимое оборудование.

Эксплуатационная длина сети железных дорог - расстояние (км) между осями станций, измеренное по оси главного пути. Служит характеристикой протяженности железнодорожных путей и используется при определении расстояния перевозки, пробега подвижного состава и др. показателей.

Электрический ток - упорядоченное направленное движения электрически заряженных частиц или заряженных микроскопических тел.

Электрическое напряжение - между двумя точками электрической цепи или электрического поля. Равно работе электрического поля по перемещению единичного положительного заряда из одной точки в другую.

Электровоз - локомотив с электрическими тяговыми двигателями, получающими питание от энергосистемы через тяговые подстанции и контактную сеть.

Электрод - проводник, которым заканчивается участок электрической цепи, содержащий источник электродвижущей силы.

Электропоезд - разновидность моторвагонного подвижного состава, получающего энергию от внешней электрической сети или от собственной аккумуляторной батареи.

Якорь тягового двигателя - вращающаяся часть тягового двигателя. Термин «якорь» обычно употребляют применительно к машинам постоянного тока (в отличие от ротора). Якорь представляет собой магнитный сердечник, набранный из листов электротехнической стали, изолированных друг от друга лаком или бумагой и спрессованных в пакеты.

Библиографический список

1. Автоматика, телемеханика и связь на железнодорожном транспорте/А.А. Устинский, Б.М. Степенский, Н.А. Цыбуля и др. - М.: Транспорт, 1985. - 439 с.
2. Амелин С.В., Андреев Г.Е. Устройство и эксплуатация пути. - М.: Транспорт, 1986. - 237с.
3. Механическая часть тягового подвижного состава: Учебник для вузов ж.д. тр-та / И.В. Бирюков, А.Н. Савосин, Г.П. Бурчак и др.; под ред. И.В. Бирюкова. – М.: Транспорт, 1992. – 440 с.
4. Железные дороги. Общий курс: Учебник для вузов / М.М. Филиппов, М.М. Уздин, Ю.И. Ефименко и др.; Под ред. М.М. Уздина. — 4-е изд., перераб. и доп. - М.: Транспорт, 1991. - 295 с.
5. Калинин ДК. Электровозы и электропоезда. - М.: Транспорт, 1991. - 480 с.
6. Локомотивное хозяйство: Учебник для вузов ж.-д. трансп./ С.Я. Айзинбуд, В.А. Гутковский, П.И. Кельперис и др.; Под ред. С.Я. Айзинбуда. — М.: Транспорт, 1986. - 263 с.
7. Организация движения на железнодорожном транспорте/Д.П. Заглядимов, А.П. Петров, С.С. Сергеев, В.А. Буянов. - М.: Транспорт, 1985. - 357 с.
8. Правила технической эксплуатации железных дорог РФ. - М.: Транспорт, 2000. - 190 с.
9. Правила тяговых расчетов для поездной работы. - М.: Транспорт, 1985. - 287 с.
10. Тепловозы/В.Д. Кузьмич, Э.К. Пахомов, Г.М. Русаков, И.П. Бородулин. - М.: Транспорт, 1987. - 540 с.
11. Электрические железные дороги. /В.А. Кисляков, А.В. Плакс, В.Н. Пупынин и др.; Под ред. А.В. Плакса и В.Н. Пупынина. - М.: Транспорт, 1993. - 280 с.

Учебное издание

ФЕОКТИСТОВ Валерий Павлович
РЯБЦЕВ Геннадий Георгиевич
ПРОСВИРОВ Юрий Евгеньевич
РЫБНИКОВ Евгений Константинович
ПУПЫНИН Владимир Николаевич
ВОЛОДИН Сергей Вячеславович
ИВАНОВ Виталий Викторович

Электрические железные дороги

Учебник

Под редакцией
профессора В.П. Феоктистова
профессора Ю.Е. Просвинова

Редактор И.А. Шиминая
Техническое редактирование, компьютерный набор
С.В. Володин, В.В. Иванов

Подписано в печать 4.10.2006. Формат 60х84 1/16.
Бумага офсетная. Печать офсетная. Гарнитура «Ариал».
Уч.-изд.л. 19,9. Усл. п. л. 18,60. Тираж 500 экз. Заказ № 11255.

Отпечатано в типографии ООО «ИПК «Содружество».
443080, г. Самара, ул. Революционная, 70-П, офис 301 А.