

В. П. КАЛИНИЧЕВ

---

# МЕТРОПОЛИТЕНЫ

*Кр*



МОСКВА "ТРАНСПОРТ" 1988



Калиничев В. П. Метрополитены.— М.: Транспорт, 1988.—280 с

В книге изложены основные направления развития метроостроения в СССР. Даны характеристики отечественных и большинства зарубежных метрополитенов. Рассказано о путях модернизации, автоматизации перевозочного процесса, внедрении новейших достижений науки, техники и передовой технологии, рассмотрены основные направления модернизации подвижного состава, пути повышения производительности труда и снижения себестоимости перевозок.

Книга рассчитана на инженерно-технических работников метрополитенов и может быть интересна широкому кругу читателей.

Ил. 34, табл. 2, библиогр. 46 назв.

Рецензент Отделение метрополитенов ВНИИЖТ

Заведующий редакцией В. К. Терехов

Редакторы А. Н. Глonti и Н. В. Зенькович

К 360400000-239 КБ-5-36-1988  
049(01)-88

ISBN 5-277-00113-1

© Издательство «Транспорт», 1988

15 мая 1935 г. в 7 часов утра первый в Советском Союзе Московский метрополитен принял пассажиров. В тот день было перевезено 350 тыс. человек. Сегодня Московский метрополитен имени В. И. Ленина — один из крупнейших и красивейших метрополитенов мира. Протяженность его девяти линий превысила 217 км. В 1987 году услугами столичного метрополитена воспользовались свыше 2,5 млрд. человек.

В Советском Союзе действует около 470 км метротрасс с более чем 300 станций в Москве, Ленинграде, Киеве, Тбилиси, Баку, Ереване, Харькове, Ташкенте, Минске, Новосибирске, Горьком и Куйбышеве. Строятся метрополитены в Днепропетровске, Свердловске, Алма-Ате.

Метрополитен по праву является одним из самых популярных и любимых видов транспорта. Красота и простор станций, идеальная чистота, удобства и свежий воздух — все это характерно для метрополитенов в любом городе СССР.

Советские метрополитены — выдающиеся памятники архитектуры советской эпохи. В нашей стране созданы удивительные по своей красоте подземные ансамбли. Они отличаются гармоничным сочетанием инженерной мысли и художественного совершенства.

Подземные залы станций Маяковская, Комсомольская — Кольцевая и Кропоткинская вошли в историю отечественной и мировой архитектуры. А новые станции метрополитенов интересны своими оригинальными художественными решениями и современными элементами советской архитектурной школы.

Красота ансамблей советских метрополитенов признана во всем мире. Советские метрополитены доказали полезность красоты в такой же мере, как функциональную необходимость этого массового вида транспорта.

При проектировании новых трасс метрополитена учитываются градостроительные условия и широкий круг строительных, эксплуатационных и экономических вопросов.

Например, глубина заложения станций и тоннелей метрополитена выбирается с учетом геологических условий и планировочных особенностей городской застройки. В центральных районах городов, где строительство линий метро связано с нарушением нормальной жизни города, с перекладкой наземных и подземных коммуникаций, применяется глубокое заложение тоннелей. В пери-

ферийных районах с более свободной застройкой и вдоль широких городских магистралей строятся линии метрополитена мелкого заложения. Основным же принципом проектирования метрополитенов являются создание максимальных удобств пассажирам и обеспечение оптимальных условий для работы обслуживающего персонала.

Строительство новых линий, реконструкция и техническое перевооружение превратили метрополитены в большое многоотраслевое хозяйство, оснащенное современной техникой. Советские метрополитены в настоящее время перевозят в год свыше 4,6 млрд. пассажиров. Максимальная интенсивность движения поездов достигает 45 пар поездов в час. Такой высокий уровень эксплуатационной работы во многом зависит от правильно построенной и четко функционирующей системы управления перевозочным процессом.

Все большее значение в обеспечении безопасности движения поездов приобретает современная техника и, в первую очередь, система автоматизированного управления движением поездов и регулирования их скорости, основанная на использовании управляющих вычислительных комплексов.

Как показывает накопленный в крупнейших городах СССР опыт, такая система позволяет наиболее эффективно решать задачу увеличения пропускной и провозной способности линий, значительно повысить безопасность движения, экономнее расходовать электрическую энергию, строго соблюдать график движения, обеспечить контроль за управлением поездом одним машинистом и, что не менее важно, сократить время нахождения пассажиров в пути.

В 1984 г. впервые в Советском Союзе применена централизованная система управления работой станции «Университет» Киевского метрополитена с помощью телемеханики и телевидения. Она позволяет осуществить оперативное дистанционное управление техническими средствами станции, регулировать пассажиропотоки с единого операторского пункта. В настоящее время такая система внедряется на всех метрополитенах страны.

Метрополитены являются крупными потребителями электроэнергии. Поэтому совершенствованию и повышению экономичности системы энергоснабжения и подвижного состава уделяется большое внимание. Питание контактной сети и других потребителей осуществляется по распределительной системе от совмещенных тягово-понизительных подстанций. Режим работы их агрегатов поддерживается автоматически.

Сложные гидрологические условия, в которых находятся тоннели и станции метрополитена, а также глубина их заложения, предъявляют особые требования к санитарно-техническим установкам.

Тоннельная вентиляция метрополитена обеспечивает необходимый микроклимат вестибюлей, станций и тоннелей. На станциях

и в тоннелях производится трех-четырёхкратный обмен воздуха в течение суток. Эти устройства управляются из диспетчерского пункта посредством телеуправления.

На самом южном в нашей стране Ташкентском метрополитене применено адиабатическое охлаждение и увлажнение воздуха, подаваемого под землю. Система позволяет значительно (на 10—12° С) снизить температуру нагнетаемого наружного воздуха за счет испарения влаги при рециркуляции воды. Такая система является первой в мировой практике.

Совершенствование советского метростроения происходит непрерывно: в путь укладываются объемно-закаленные рельсы, проводятся исследования по защите от шума и вибрации, внедряются методы антикоррозийной защиты чугунных и железобетонных тьюбингов, совершенствуются устройства СЦБ и связи.

Создателями нового подвижного состава взят курс на конструирование перспективного подвижного состава, который будет отвечать самым высоким требованиям надежности и комфорта.

Советский метрополитен является учебным полигоном для аналогичных предприятий городского транспорта за рубежом. Специалисты ВНР, ПНР и ЧССР регулярно обучаются в нашей стране навыкам эксплуатации и ремонта технических средств метрополитена. Многочисленные делегации знакомятся с работой служб, организацией движения, оснащением метрополитенов в городах СССР. В технической школе Московского метрополитена прошли подготовку машинисты Индии.

За более чем пятьдесят лет строительства метрополитенов в СССР накоплен огромный опыт их сооружения в особо сложных инженерно-геологических условиях.

Первые тоннели метро в СССР сооружались с применением железобетона и бетона, который укладывали за деревянную опалубку. Тогда это был один из наиболее прогрессивных способов работ и конструкция тоннелей получала значительную надежность.

Затем широкое распространение получило укрепление тоннелей тьюбингами, а в настоящее время наиболее широко применяются сборные железобетонные конструкции.

В очень сложных инженерно-геологических условиях находят применение специальные методы проходки с химическим укреплением грунтов, их замораживанием, водопонижением и т. д. Сейчас все большее применение находит конструкция обделки, обжатой в породу.

Наряду с отечественными в книге достаточно подробно рассмотрены метрополитены крупнейших зарубежных городов, описана история их развития и приведены основные технические характеристики.

Все предложения и пожелания по содержанию книги будут приняты автором с благодарностью. Их следует направлять по адресу: 103064 Москва, Басманный тупик, 6а, издательство «Транспорт».

## РАЗВИТИЕ МЕТРОПОЛИТЕНОВ СССР

### § 1. Экскурс в историю

Возникновению метрополитена предшествовало широкое развитие в России железнодорожного, трамвайного и автобусного движения. Коммунальный транспорт всегда находился в зоне повышенного внимания. Он подвергался широкой зачастую необоснованной критике со стороны журналов и газет. На эстрадах конферансье и куплетисты распевали о нем насмешливые песенки. Журналисты посвящали трамваю и паровозу ядовитые фельетоны. Может быть поэтому обеспеченные люди пользовались в основном извозчиками, а бедные горожане, а таких в Москве было большинство, предпочитали ходить пешком.

Трамвай появился в Москве в конце девятнадцатого столетия. Это был новый, диковинный по тем временам вид транспорта. Долгое время существовала всего одна трамвайная линия, сеть трамвайных путей начала расширяться много позже. Однако трамваем мог пользоваться далеко не каждый из-за дороговизны проезда. Хозяевам города нужен был доход, и они его получали в размере 17—20 млн. рублей в год, что по тем временам было немало. В 1902 г. прибывший в Россию предприимчивый американец Гоф добился разрешения у правительства России провести исследовательские работы и определить возможность строительства в Москве подземной железной дороги, такой же, какая существовала уже в то время в Лондоне и в Париже.

Как только инженер Гоф и возглавляемая им компания начали рыть котлованы для прокладки рельсов под землей, против этого восстала православная церковь, которая повела настойчивую, бескомпромиссную, организованную борьбу, стремясь не допустить строительства подземной дороги.

Церковники распускали разные, порою до глупости нелепые слухи. Один из архиереев писал московскому митрополиту: «Возможно ли допустить сию греховную мечту? Не унизит ли себя человек, созданный по образу и подобию божью разумным созданием, спустившись в преисподнюю? А что там есть, то ведает один бог, и грешному человеку ведать не надлежит». И подобная нелепость воспринималась всерьез.

Слухи о «конце света», о «грозном царе», который явился городскому голове, об «осквернении святой Москвы», об «адских кознях янки» циркулировали повсюду в городе, порождая враждебность к прогрессивной идее.

Члены городской думы не очень-то верили подобным слухам, но всячески их поддерживали и даже сами распространяли, так как были решительно против предложений о строительстве подземки. В действительности беспокоило другое. Подземная дорога могла стать серьезным конкурентом московскому трамваю, следовательно, могли уменьшиться доходы от его эксплуатации, а этого допустить городская дума и купечество не могли, так как это было прежде всего по их карману.

Депутаты московской думы решительно выступили против проекта американца и не поддержали предложение некоторых прогрессивных ученых и инженеров о строительстве подземки, тем более что предлагалось осуществить строительство своими силами, во что было трудно поверить.

В принятом городской думой решении указывалось: «Признать проект о проведении метрополитена не удовлетворяющим современным нуждам города, нецелесообразным по своей трассировке и не соответствующим поставленным задачам, нарушающим городское благоустройство, и благообразие, и санитарное положение города».

«Известия городской думы» писали: «...В случае осуществления проекта город лишился бы на многие годы доходного трамвайного передвижения». Также был отвергнут проект инженера П. И. Балинского, который предложил построить подземно-наземную дорогу через Красную площадь и Воскресенскую (Революции) площадь. Против этого предложения выступили не только церковники, но и члены археологического общества, которое сплошь состояло из консервативных деятелей преклонного возраста.

Вся русская история внедрения новых открытий и прогрессивных предложений ярко свидетельствует, что при царском режиме столь прогрессивный вид транспорта как метрополитен, не мог быть построен из-за косности царского правительства.

Советская власть в корне преобразила Москву. Старая, с узкими улицами, приспособленная главным образом для пешеходов Москва превращалась в современный столичный город. Все более и более развивался и совершенствовался коммунальный транспорт. Автомобиль, трамвай, автобус стал наконец доступен каждому, но это требовало и коренной реконструкции транспорта, его усиления, совершенствования и расширения.

В 1925 г. вновь возникает вопрос о строительстве подземки. Фирма «Сименс» предложила проект сооружений подземной трассы от Сокольников через Комсомольскую площадь до Театральной площади. Но этот проект никак не решал вопросов улучшения транспортных перевозок, поэтому был отвергнут.

Город рос. За 15 лет после Октябрьской революции население столицы увеличилось на три четверти, строились заводы, фабрики, клубы, стадионы и пр. Почти вдвое выросли трамвайные перевозки. На Пленуме ЦК ВКПб 15 июня 1931 г. было отмечено

огромное напряжение, с которым работал московский транспорт, особенно трамвай. Пленум ЦК ВКПб принял развернутое решение о реконструкции столицы, в том числе и транспорта, предусматривающей строительство метрополитена.

Решения Пленума были встречены трудящимися Москвы и всем народом с огромным энтузиазмом и уже весной 1932 г. тысячи юношей и девушек, рабочих разных специальностей, прибывших со всей страны, приступили к строительству метрополитена.

Решение было своевременным и крайне нужным, потому что к этому времени городские пассажирские перевозки неизмеримо возросли. Так, в 1935 г. московский трамвай перевез около 2 млрд. пассажиров, что для трамвая является буквально астрономической цифрой. Кроме того, ежедневно на улицы города выходило около 50 троллейбусов, более 400 автобусов, 460 такси и все-таки транспорт с перевозками не справлялся. Трамваи, автобусы, троллейбусы ходили переполненными, а в часы пик посадка в них была сопряжена с огромными трудностями.

«Главным средством, решающим проблему быстрых и дешевых людских перевозок, должно быть метро» — так отмечалось в решении Пленума ЦК.

Совнарком СССР утвердил один из вариантов трассы первой очереди от площади Свердлова до Сокольников, от центра до Смоленской площади и от площади Свердлова до Крымской площади.

## § 2. Московский метрополитен

Столичное метро сооружали более 500 промышленных предприятий. Они добывали лучшие сорта мрамора и гранита, изготавливали цемент и рельсы, вагоны и эскалаторы, насосы и вентиляторы, ртутно-выпрямительные агрегаты, трансформаторы, электрокабели, устройства автоблокировки, тяговые двигатели, тормозные приборы и многое другое.

Весной 1932 г. многотысячный коллектив метростроителей начал строительство подземной дороги. Одновременно с ходом строительства на специальных курсах велась подготовка кадров специалистов для эксплуатации первого в Советском Союзе метрополитена.

При сооружении первой линии метрополитена закладывались основы отечественного метростроения. Проектировщики и строители должны были решить труднейшую задачу прокладки подземной магистрали в сложнейших инженерно-геологических условиях. В районе трассы в недавние времена текли реки Неглинка, Рыбинка, Чечера, Ольховка и Ольховец. И хотя эти реки давно уже обмелели и были занесены песчано-глинистым грунтом, сложность проходки в неустойчивых перенасыщенных водами отложениях была велика. Кроме того, под землей имелось большое



количество различных коммуникаций. В этих условиях принять однозначное решение о способе проходки было бы неправильным, поэтому в зависимости от местоположения было решено проходить трассу одним из трех способов: глубокое заложение, полузакрытое и открытое.

Следует напомнить, что выбор способа проходки определялся не только инженерно-геологическими условиями, а прежде всего необходимостью сохранить нормальную жизнь города, т. е. сохранить нормальное уличное движение и нормальную работу инженерных коммуникаций. Именно благодаря этому был выбран полузакрытый способ проходки Арбатского радиуса (закрытым была пройдена лишь небольшая часть этого радиуса).

Конструкции тоннелей были железобетонными, рамного типа, плоскими и ребристыми с наружной или внутренней оклеечной гидроизоляцией. Конструкции станций были в основном колонного типа. Только одна станция Библиотека имени Ленина выполнена односводчатой.

Даже сейчас, когда метростроители накопили огромный опыт сооружения линий метрополитенов, когда все основные работы механизированы и ручной труд практически ликвидирован, поражаешься темпам строительства первой метротрассы, выполненной в предельно короткие сроки с высоким качеством работ.

В марте 1933 г. на сооружении первой комсомольской шахты в районе площади Свердлова с начала разведения первого костра (для оттаивания грунта) до окончания проходки первой шахты глубиной около 20 м понадобился всего 21 день. Это более чем на 2 мес. меньше нормативного срока. Так был зарегистрирован первый рекорд. В дальнейшем таких рекордов будет немало, но этот первый стал незабываемым в истории Московского комсомола и Метростроя.

Московский комсомол взял шефство над стройкой и уже в апреле 1933 г. первая тысяча комсомольцев пополнила отряды метростроителей.

На строительство метрополитена направлялись квалифицированные специалисты с известных строек: бетонщики Днепрогэса, шахтеры Донбасса, тоннельщики со всей страны.

В январе 1934 г. на стройке работало более 37 тыс. человек, а в мае уже 70 тыс. Таких темпов роста строительного коллектива история нашей страны, да и всего мира еще не знала.

Вскоре проходческий щит, смонтированный комсомольцами всего за 9 дней, приступил к проходке тоннеля от двенадцатой шахты на площади Свердлова. Огромный цилиндр диаметром 6,5 м, оснащенный 24 гидравлическими домкратами, в первый период закапризничал. Сказывалась неопытность первопроходцев, но вскоре машина была освоена и уже в мае щит давал проходку 1,5 м в сутки. В августе скорость проходки достигла 3 м в сутки, в то время как иностранные эксперты утверждали, что в тяжелых московских грунтах достигнуть скорости проходки

свыше 75 см в сутки невозможно. Массовый героизм проявлялся при кесонной проходке в пльвунах и при неожиданном попадании в тоннель мощного потока воды.

Ударный, самоотверженный труд советских людей побеждал в любых экстремальных условиях. Метростроевцы заставляли механизмы работать с предельной отдачей, впервые применили замораживание при проходке пльвунов под домом в Орликовом переулке, при сооружении эскалаторных наклонных ходов.

Работы по сооружению метрополитена велись форсированно. Строители нередко опережали плановые сроки проходки тоннелей.

Наконец пришло время заняться сооружением и отделкой станций. Нужно было уложить 21 км<sup>2</sup> мрамора, 45 км<sup>2</sup> гранитных плиток, оштукатурить площадь в 103 км<sup>2</sup>. Отделочные работы в таких масштабах никогда еще не производились.

Вчерашние подсобные рабочие, тоннельщики становились отделочниками, штукатурами, гранильщиками.

Инициативность и энтузиазм способствовали решению вопросов сооружения объектов энергоснабжения, выпуска нового советского комфортабельного вагона, эскалаторов.

В рекордно короткие сроки была выполнена огромная работа. Если 20 км подземки в Нью-Йорке строились 7 лет, в Лондоне 10 км строились 4 года, то в Москве 16,8 км тоннеля были построены за время чуть более двух лет. Таким темпам можно позавидовать и сегодня.

За это время было вывезено 270 тыс. вагонов грунта, уложено 850 тыс. кубометров бетона, проведено много других работ.

Только в 1934 г. Московский железнодорожный узел принял для Метростроя почти 2 млн. т грузов. По тем временам, учитывая невысокую степень механизации, это был поистине титанический труд 70-тысячного коллектива метростроевцев. Люди работали, не считаясь со временем, с погодными условиями, в морозы и под проливным дождем.

В октябре 1934 г. был в основном подготовлен участок Комсомольская площадь — Красносельская — Сокольники, и первый пробный поезд проследовал по линии. С этого времени началась опытная эксплуатация этого участка. Здесь готовились кадры машинистов и их помощников, дежурных по станции и других работников, связанных с движением поездов. Они учились водить поезд, командовать движением, управлять сложнейшим механизмом метрополитена.

Последние месяцы перед пуском линии были особенно напряженными. К февралю 1935 г. работы были в основном закончены. Интенсивно велась подготовка к началу эксплуатации сооружений. Очищались гранит и мрамор, опробовались эскалаторы и устройства вентиляции, водоснабжения и канализации. Над освобожденными от лесов замечательными архитектурными сооружениями появились эмблемы метрополитена — большие буквы «М».

5 февраля 1935 г. ночью первый поезд проследовал по всей трассе, а через сутки гости Москвы — делегаты VII Всесоюзного съезда Советов стали первыми почетными пассажирами. Через несколько дней руководители партии и государства побывали на метрополитене, осмотрели станции, вестибюли и другие сооружения. Линия протяженностью 11,2 км проходила с севера на юг и имела 13 станций: Сокольники, Красносельская, Комсомольская, Красные ворота, Кировская, Дзержинская, Охотный ряд (Проспект Маркса), Библиотека имени Ленина, Дворец Советов (Кропоткинская), Парк культуры и отдыха имени Горького, Имени Коминтерна (Калининская), Арбатская и Смоленская.

15 мая 1935 г. подземные поезда приняли первых пассажиров и повезли их в комфортабельных, просторных вагонах с небывалыми для городских перевозок скоростями. В тот майский день перед взорами москвичей, спустившихся по самодвижущимся лестницам из вестибюлей метро под землю, впервые предстали во всем великолепии сверкающие мрамором станции.

Восхищению людей не было предела. Пассажиры могли часами любоваться плодами творческого, самоотверженного труда метростроевцев. Комфортабельный московский метрополитен воспринимался как одно из чудес двух первых пятилеток.

Партия высоко оценила и отметила труд метростроителей. В канун открытия метрополитена было сообщено о награждении строителей, объявлена благодарность партии и правительства всем, кто участвовал в его сооружении.

Вспоминая сегодня это событие, нельзя не отметить заслуги комсомола в деле мобилизации юношей и девушек на успешное строительство московского метрополитена. Московская комсомольская организация за особые заслуги в сооружении метрополитена была награждена орденом Ленина.

Московские газеты много писали о строительстве первой очереди, восторженно восхваляли энтузиазм советских строителей, красоту станций, высокий уровень техники. Многие зарубежные газеты широко освещали ход строительства советского метрополитена. Французская газета «Монд» писала так: «30 лет назад, когда начало функционировать метро в Париже, царскому правительству был представлен проект метрополитена. Этот проект был отклонен при активном содействии церковников. И вот через 30 лет Советская власть призвала специалистов, обеспечила строительные материалы и развернула громадную стройку... Капиталистические страны десятилетиями подготавливали свой прогресс, а Россия стонала под игом деспотизма и голода. Теперь под властью Советов, она сделала такой прыжок в цивилизацию, который равен эволюции буржуазных стран в течение нескольких столетий».

А вот что писал на страницах газеты «Пари Суар» известный писатель Антуан де Сент-Экзюпери: «Мне кажется, что

народ, который в таком строительстве, как метро, придает такое большое значение роскоши и свету и таким образом создает не только полезное, но и приятное, уже построил главное и уверен в своем будущем».

Успешное окончание строительства первой очереди метрополитена укрепило уверенность его архитекторов и строителей в том, что они могут создавать подземные станции еще лучше и прекраснее, чем построенные. Строители приступили к работе на линии второй очереди. Почти одновременно развернулись работы на Арбатском, Покровском и Горьковском радиусах.

Второй очередью метро планировалось улучшить сообщение центра с Курским и Киевским вокзалами, с речным вокзалом и другими тогдашними окраинами столицы.

К сооружению новой линии строители приступили уже имея опыт и хорошие знания техники. Да и сама техника стала более совершенной, надежной, экономичной и современной.

20 мая 1937 г. уже была введена в эксплуатацию линия Смоленская — Киевская протяженностью 1,7 км. Через Москву-реку был сооружен арочный метромост длиной 150 м с одним пролетом, который и сейчас восхищает своим совершенством. С обеих сторон к мосту примыкали эстакады длиной 430 м.

В марте 1938 г. строители сдали в эксплуатацию еще 3,6 км. Стали действовать две самостоятельные линии Сокольники — Парк культуры имени Горького и Курская — Киевская.

Наиболее сложным участком второй очереди был Горьковский радиус, который проходил под улицей Горького и Ленинградским шоссе. Линия эта строилась под оживленными улицами, которые и во время строительства продолжали жить обычной напряженной жизнью. Проходка линии велась с применением специальных, совершенных горнопроходческих щитов. Сорок щитов и двадцать шесть эректоров работали в тоннелях второй очереди (во всех других странах мира в это время работало всего около 25 щитов). Поэтому и проходка велась рекордными темпами, бывало щиты проходили за месяц 120 м тоннеля, скорости, которые и в наше время являются внушительными. Высокая квалификация проходчиков, творчество новаторов, энтузиазм работающих позволили значительно увеличить темпы работ, повысить производительность труда почти на 50%, снизить на 30—35% стоимость работ, улучшить качество отделки. И все это в крайне сложных условиях проходки, зачастую в кессонах под сжатым воздухом, с применением замораживания плывунов, при проникающих в тоннель грунтовых водах.

Несмотря на трудности 11 сентября 1938 г. были открыты новые станции: площадь Свердлова, Маяковская, Белорусская, Динамо, Аэропорт, Сокол. Полностью была сдана в эксплуатацию трасса протяженностью 9,6 км.

В короткий срок была построена трасса с небывало красивыми станциями, которые и сейчас, спустя полвека, поражают

своим совершенством, красками, великолепием архитектурных ансамблей.

С пуском второй очереди образовался третий радиус метро от станции Площадь Свердлова до станции Сокол, а протяженность линий метро составила 25 км с двадцатью двумя станциями, ставшими архитектурными памятниками советской эпохи.

Теперь строители приступили к сооружению третьей очереди протяженностью 14,8 км. Эта трасса была еще более сложной, чем первая и вторая. Каждый час приходилось откачивать более 4 тыс. м<sup>3</sup> грунтовых вод, поскольку трасса дважды пересекала Москву-реку, проходила под обводным каналом и Яузой.

При строительстве третьей очереди был впервые применен гидромеханический способ разработки грунта, механизированы работы с твердой породой, использовались и другие новые инженерные и новаторские решения.

На трассах третьей очереди было построено 7 новых станций. Покровский радиус длиной 8,5 км связал Курский вокзал с районом Измайлово. Замоскворецкий радиус протяженностью 6,3 км связал гигантский автозавод с центром столицы.

Сооружение третьей очереди пришлось на суровые годы войны 1941—1945. С первых дней войны активизировались работы по подготовке метрополитена как убежища. Срочно усиливались отдельные сооружения, монтировались устройства герметизации, оборудовались дополнительные санитарно-технические устройства. Работниками службы тоннельных сооружений изготовлялись мостики для схода с платформы на пути и деревянные щиты, закрывающие пути во время нахождения людей в тоннеле.

Создавались запасы оборудования, инвентаря, медикаментов, необходимых при укрытии населения. Высокая готовность сооружений, оборудования и работников метрополитена к работе в этот период позволила своевременно и в полной мере выполнить мобилизационные мероприятия и успешно решить задачи, поставленные перед коллективом метрополитена Государственным Комитетом Обороны.

При воздушной тревоге были четко организованы прием населения в вестибюли, спуск людей на станции и размещение их в тоннелях, где на жестком основании пути были уложены деревянные щиты, на которых размещались люди. На платформах станций располагались женщины и дети, инвалиды, престарелые, для которых были расставлены лежаки и кровати-раскладушки.

Население обеспечивалось питьевой водой, в тоннелях были задействованы санузелы. В вагонах поездов, стоящих у станций, были развернуты медицинские пункты. На каждой станции и прилегающих тоннелях укрывалась не одна тысяча людей.

В течение июля — ноября 1941 г. сигнал «Воздушная тревога» подавался по несколько раз в сутки. В связи с этим снималось напряжение с контактного рельса, прекращалось движение поез-

дов, станции и тоннели метрополитена использовались как убежище. После «отбоя» и вывода людей из тоннеля оперативно велась подготовка к пропуску поездов и движение восстанавливалось.

Война потребовала существенных изменений в организации обслуживания и ремонта подвижного состава, эскалаторов, устройств энергоснабжения, СЦБ и связи, пути, санитарно-технических установок.

При крайне ограниченном времени, недостатке работников, отсутствии запасных частей надо было организовать профилактическую работу на подвижном составе, оборудовании и устройствах. Применительно к этим условиям была разработана специальная технология.

Незабываемым событием Великой Отечественной войны, к которому метрополитеновцы имели прямое отношение, было проведение торжественного заседания 6 ноября 1941 г., посвященного 24-й годовщине Великой Октябрьской социалистической революции, в залах станции Маяковская.

С утра 6 ноября поезда проследовали станцию Маяковская без остановки. На платформе (в среднем зале) расставлялась мебель, строилась трибуна. Через весь зал от эскалаторов до трибуны была проложена красная ковровая дорожка. Работники электродепо Сокол подготовили состав, доставивший на станцию Маяковская руководителей партии и правительства. Ровно в 19.00 торжественное заседание начало свою работу.

Торжественное заседание 6 ноября 1941 г., военный парад, состоявшийся 7 ноября на Красной площади, вызвали у работников метрополитена, как и у всего советского народа, большой трудовой и политический подъем, уверенность в неизбежности разгрома вражеских войск под Москвой, победе в Великой Отечественной войне над фашистской Германией. Ныне на вестибюле станции Маяковская в память об этом историческом событии установлена мемориальная доска.

Тыл помогал фронту всем, чем мог. Главные мастерские и другие предприятия метрополитена готовили военную продукцию: мины и стабилизаторы к ним, ремонтировали танки, изготавливали ежи для заграждений. У станков стояли четырнадцатипятинадцатилетние мальчики и девочки. Стоя на специальных подставках, они работали, как и взрослые, проявляя дисциплину и высокое чувство ответственности за качество продукции для фронта.

После разгрома немцев под Москвой большой отряд метрополитеновцев восстанавливал железную дорогу на Волоколамском направлении от станции Матренино до Волоколамска. В сорокаградусный мороз в конце декабря за несколько дней метрополитеновцы восстановили дорогу по временной схеме и пустили поезда с грузами для фронта. Восстановительный отряд метрополите-

новцев работал и на других участках и лишь в марте 1942 г. вернулся в столицу.

Горячо поддержали метрополитеновцы призыв тружеников страны вносить свои личные средства в фонд обороны.

Более миллиона рублей внесли они на строительство бронепоезда «Московский метрополитен», построенного по приказу Верховного Главнокомандующего.

21 марта 1943 г. бронепоезд был передан действующей армии и успешно сражался на Курской дуге, где его огнем было сбито 4 самолета противника, уничтожено 6 танков и 10 артиллерийских и минометных батарей.

На площади около электродепо Северное установлен обелиск, на котором начертаны имена 185 метрополитеновцев, отдавших жизнь за свободу и независимость нашей Родины. Две тысячи метрополитеновцев награждены медалями «За оборону Москвы».

Активно трудились и московские метростроевцы, создавая оборонительный рубеж на Можайском направлении, где возводились доты и дзоты, противотанковые рвы и надолбы. На историческом Бородинском поле на одном из сохранившихся дотов есть мемориальная доска, установленная в честь подвига метростроевцев.

Но и в годы войны строительство метрополитена продолжалось. С 1 января 1943 г. поезда от станции Площадь Свердлова пошли до станции Автозаводская, а с 18 января 1944 г. от станции Курская до станции Измайловский парк. В 1945 г. общая протяженность линий метрополитена составляла уже 36,6 км.

Работа метрополитена в военные годы была высоко оценена партией и правительством.

За образцовую организацию работ по перевозкам населения и успешное освоение новой техники метрополитен был награжден орденом Ленина, а 25 ноября 1955 г. ему было присвоено имя В. И. Ленина.

После завершения Великой Отечественной войны темпы строительства новых линий возросли. В 1950—1954 гг. в три этапа была введена в эксплуатацию Кольцевая линия, которая связала между собой основные железнодорожные вокзалы, улучшила обслуживание пригородных пассажиров и перевозку их в центральную часть города.

В период 1953—1969 гг. были продлены Арбатско-Покровская, Кировско-Фрунзенская, Горьковско-Замоскворецкая линии, а в 1958—1967 гг. сооружена Филевская линия. В 1958—1974 гг. последовательно по участкам введена в строй Калужско-Рижская линия. В 1972—1975 гг. сдана в эксплуатацию Ждановско-Краснопресненская линия.

30 декабря 1979 г. открылось движение по Калининской линии, а в 1983—1985 гг. введена в эксплуатацию Серпуховская

линия, которая связала с центром большой жилой массив в южной части города.

На 1 января 1988 г. в эксплуатации находится 9 линий метрополитена, протяженность которых в двухпутном исчислении составляет 217 км. Имеются 134 станции, 47 из которых являются пересадочными (рис. 1). Среднесуточные перевозки пассажиров составляют более 7 млн. чел., а в отдельные дни превышают 8 млн. На Московский метрополитен в сутки приходится 41% объема всех пассажирских перевозок города.

Со дня пуска в эксплуатацию первой линии значительно повысилась пропускная способность метрополитена. Максимальная частота движения с 15 пар увеличилась до 45 пар поездов в час пик. Наименьший интервал между поездами в часы пик составляет 80 с. Такой частоты движения нет ни на одном метрополитене мира.

Скорость движения поездов увеличилась с 50 до 90 км/ч, а средняя эксплуатационная скорость — с 26,7 до 41 км/ч.

Послевоенная история метрополитена характеризуется широким и последовательным внедрением новой техники, автоматизации и механизации трудоемких процессов. Внедрены новые более современные типы вагонов, полностью закончена автоматизация работы понизительных подстанций, все тяговые подстанции работают на телеуправлении, оборудованы дистанционным управлением.

Полностью механизированы контрольно-кассовые операции на станциях, для этого установлены автоматические контрольные пункты по входу и выходу, разменные автоматы, счетно-денежные машины.

Внедрение системы автоматического регулирования скорости поездов (АРС) на линиях повысило степень безопасности движения поездов, пропускную способность линий, облегчило труд машиниста и позволило перейти на управление поездом одним машинистом без помощника.

По объему пассажирских перевозок, интенсивности движения и использованию технических средств Московский метрополитен превосшел зарубежные метрополитены.

По протяженности линий столичная подземная железная дорога уступает только метрополитенам Нью-Йорка, Парижа и Лондона. А по перевозкам пассажиров она занимает первое место в мире — более 2,5 млрд. человек в год.

В планах настоящего и будущего развития г. Москвы большое внимание уделяется дальнейшему строительству метрополитена — главного вида городского транспорта, разрешающего проблему массовых, быстрых и удобных перевозок пассажиров. Генеральным планом перспективного развития метрополитена предусматривается увеличить протяженность линий в пределах города до 320 км. До 1990 г. планируется построить 45 км новых линий.





### § 3. Ленинградский метрополитен

Вторым по величине в СССР и одним из лучших в мире является Ленинградский метрополитен, который начал эксплуатироваться 7 ноября 1955 г. Мечта о строительстве метрополитена в дореволюционной столице Петербурге также имеет давнюю историю. Вспомним строки А. С. Пушкина:

Мосты чугунные чрез воды  
Шагнут широкою дугой,  
Раздвинем горы, под водой  
Пророем дерзостные своды...

Конечно, во времена А. С. Пушкина трудно было предполагать, что будет построено такое сооружение, как Ленинградский метрополитен с чудесными подземными дворцами, где чистый воздух и устойчивая температура — явление обычное, будничное. Комфортабельные вагоны и бегущие дорожки, построенные на ленинградских заводах, стали такими же привычными, как спокойная гладь Невы, как прямолинейность ленинградских улиц, их античная красота.

Ленинградский метрополитен зарождался также нелегко. Если посмотреть архивные материалы, то более 20 проектов русских и зарубежных инженеров о строительстве метро в Петербурге были отклонены царским правительством.

В начале века внимание привлёк проект инженера Петра Ивановича Балинского, который был представлен в Петербургскую Государственную думу. Это был смелый проект метрополитена, выполненный талантливым инженером.

Автор предлагал построить на эстакадах высотой от 5 м до 10 м железную дорогу длиной 95,5 версты. Для перехода через Неву и другие водные преграды предлагалось построить 11 мостов.

Проект предусматривал строительство уникального центрального вокзала, три этажа которого должны были стать главным узлом всего пассажирского движения города.

На всем пути метрополитена для посадки и высадки пассажиров предполагалось соорудить небольшие станции. Для подъема пассажиров на платформы планировалось установить лифты и крытые металлические лестницы.

Проектом инженера Балинского предусматривалось строительство большого внешнего и трех малых внутренних кольцевых линий, а также отдельного ответвления к Новому порту, Морской пристани, вдоль обводного канала и к Пороховым заводам.

Большое кольцо должно было примыкать к центральному вокзалу, затем идти вдоль Фонтанки, пересечь Сенную площадь (площадь Мира), а затем, пройдя по набережной Екатерининского (ныне Грибоедова) канала и реки Мойки, набережной Большой Невы, пересечь Неву против 12-й линии Васильевского острова.

Затем через Петербургскую сторону, Крестовский и Каменный острова, Новую деревню, Выборгскую сторону, Охту, мимо

Александровской лавры, по набережной обводного канала до центрального вокзала.

Первое внутреннее кольцо предлагалось проложить около Летнего и Таврического садов, по Суворовскому проспекту и Лиговской улице.

Второе внутреннее кольцо планировалось провести по Васильевскому острову, а третье по Петербургской стороне.

Проект предусматривал движение на электрической тяге, с интервалом между поездами 2,5 мин и скоростью движения до 70 верст в час.

Проект предусматривал поднять некоторые низменные части Петербурга (Смоленское поле, Гавань и др.) для ослабления действия наводнений. Проект был одобрен, но не осуществлен.

Акционерное общество русских электрических заводов «Сименс и Гальске» предложило второй проект, которым планировалось строительство подземной магистрали под Невским проспектом. Осуществление этого проекта давало значительные преимущества, какие дает подземный метрополитен. Проект был отклонен.

Третий проект был предложен бельгийскими инженерами И. Гюлле и П. Ф. Лего, совместно с инженером В. Н. Беляевым, техником М. П. Мульхановым и промышленником Г. Т. Полиловым. Этим проектом предполагалось проложить линию от Казанского моста до Нарвских ворот с 11 станциями. Но и этот проект был отклонен.

И только при Советской власти ленинградцы приступили к строительству метрополитена.

После окончания строительства первой очереди метрополитена в Москве ленинградцы начали готовиться к сооружению такой же подземной магистрали. Вскоре началось строительство, которое должно было закончиться сдачей первой линии в 1942 г. Однако война помешала осуществить проект и в 1941 г. было принято решение о консервации сооружения ленинградского метрополитена. Метростроевцы в суровые годы войны строили не метро, а сооружали легендарную переправу на Невском «пяточке», восстанавливали разрушенные железные дороги, мосты, вокзалы. Руководство ленинградского областного комитета КПСС следило за тем, чтобы метростроевцев не посылали на опасные участки фронта, заботилось о том, чтобы даже в тех условиях сохранить кадры строителей метро, проявляя тем самым заботу о будущем города.

В 1945 г. по решению правительства строительство метрополитена в Ленинграде было возобновлено. Как и в Москве, его строила вся страна, более 300 предприятий выполняли заказы стройки. Метростроевцы Москвы обучали ленинградцев, были частыми гостями в тоннелях и на станциях.

В конкурсе на лучшие проекты станций принимали участие более 100 архитекторов. Лучшие из лучших были приняты к осуществлению. И вот 15 ноября 1955 г. главный диспетчер



Строительство ленинградского метрополитена было сопряжено с особыми трудностями, связанными с географическим и геологическим расположением города. Проходчики зачастую встречали огромные валуны, оставшиеся со времен ледникового периода, слабые, в отдельных случаях крайне жидкие грунты, подземные болота, реки и озера, разломы и пливуны. В мировой практике проходки не было столь сложных условий. Случалось, что целые водопады воды и грязи врывались в тоннели, создавая угрозу не только сооружениям, но и подвергая опасности жизнь работающих. Мешали грунтовые воды, высокая давление пластов земли и другие стихийные неожиданности. И только опыт строителей, инженерный расчет, творческий и смелый подход к решению возникающих проблем позволяли находить выход из, казалось бы, безвыходных ситуаций.

#### § 4. Киевский метрополитен

Третьим метрополитеном Советского Союза стал Киевский метрополитен, который сооружался как инженерно-транспортный и художественно-архитектурный комплекс столицы Советской Украины. При строительстве этого метрополитена был широко использован опыт ленинградцев и москвичей, применялись новейшая горнопроходческая техника и самые современные и прогрессивные конструкции.

Предпраздничный день 6 ноября 1960 г. запомнился киевлянам надолго. В тот день первый поезд, украшенный транспарантами, распахнул двери для первых пассажиров и проследовал через станции Вокзальная, Университет, Крещатик, Арсенальную, Днепр.

Возможности строительства Киевского метрополитена изучались еще до Великой Отечественной войны, когда разрабатывался генеральный план развития г. Киева. Однако удалось начать строительство лишь в 1949 г., когда были восстановлены многие города, разрушенные войной.

На первой Святошино-Броварской трассе действуют 14 станций, протяженность ее более 19 км. Здесь впервые был применен механизированный горнопроходческий щит, так называемый «Киевский», разработанный Киевметропроектом, Киевметростроем, Главтоннельметростроем и Центральным научно-исследовательским институтом транспортного строительства Минтрансстроя. Этот щит позволил в предельно сжатые сроки с высокой производительностью пройти трассы станций глубокого заложения Вокзальную, Университетскую, Крещатик, Арсенальную.

В 1963 г. был пущен второй участок, в 1965 г.— третий. На этих двух участках были построены 5 станций. Через Днепр был сооружен современный мост для поездов метрополитена



Рис. 3. Схема линий Киевского метрополитена

и автотранспорта. В 1968 г. был построен четвертый и в 1971 г. был принят в эксплуатацию пятый участок (рис. 3).

Киевский метрополитен стал неотъемлемой частью города. Трудно представить себе Киев без седого Днепра, без каштанов, без Владимирской горки и Подола, но не менее трудно представить себе сейчас столицу Украины без метрополитена.

## § 5. Тбилисский метрополитен

11 января 1966 г. гостеприимно раскрылись двери 6 станций метрополитена Тбилиси, первого в Закавказье, четвертого в Советском Союзе. Вступил в строй действующих участок первой очереди от станции Дидубе до станции Руставели. Линия протяженностью 6,3 км связала крупнейший промышленный Ленинский район города с центром. Через год, в дни празднования 50-летней годовщины Великой Октябрьской социалистической революции, введен в эксплуатацию второй участок первой очереди с тремя станциями: Площадь Ленина, 26 Комиссаров и 300 Арагвинцев. А 10 мая 1971 г. началось движение на третьем участке первой очереди с двумя станциями Исани и Самгори.

Таким образом столица Грузии получила добротное, мощное, технически оснащенное транспортное предприятие с уникальными сооружениями и устройствами (рис. 4).

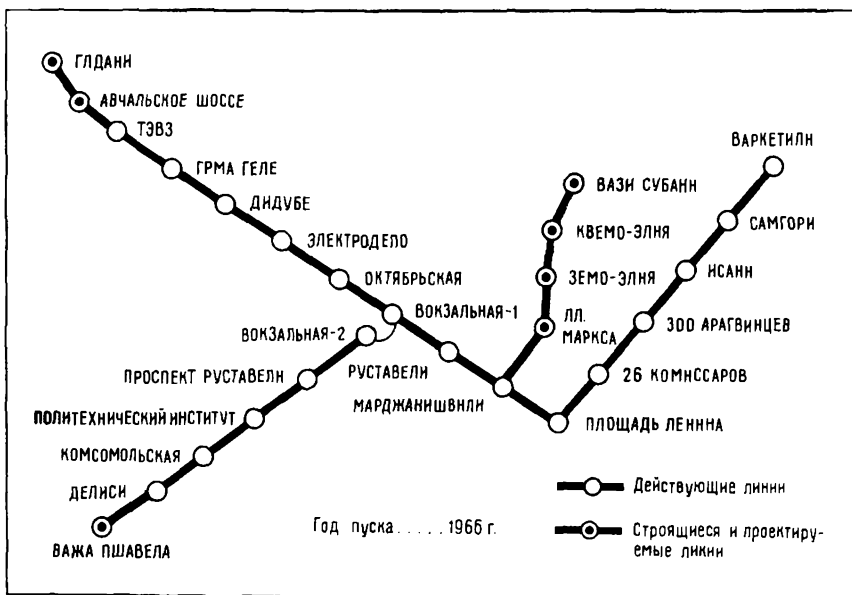


Рис. 4. Схема линий Тбилисского метрополитена

Метрополитен сразу завоевал популярность у тбилисцев за скорость, надежность, безопасность, высокую культуру обслуживания. И его развитие продолжалось. 15 сентября 1979 г. была введена в строй вторая очередь на участке площадь Вокзальная-2 — Делиси с пятью станциями.

Формирование коллектива Тбилисского метрополитена началось почти за год до начала эксплуатации. За короткий срок было подготовлено полторы тысячи машинистов, электромехаников эскалаторов, СЦБ и связи, тяговых и понизительных подстанций, путейцев, сантехников, движенцев и т. д. При подготовке использовался многолетний опыт Закавказской железной дороги, где выросли многие работники Тбилисского метрополитена.

Огромную помощь в подготовке кадров ведущих профессий оказали работники Ленинградского, Киевского и особенно Московского метрополитенов, щедро делившиеся с тбилисцами своим опытом.

Особенно широкой и многообразной была эта братская помощь в дни, когда на участках Тбилисского метро наступил предпусковой период. В эти дни Тбилиси становился по-настоящему родным домом для представителей многих городов страны — отделочников, путейцев, монтажников.

Москвичи с большим мастерством выполняли отделочные и монтажные работы, блистали своим искусством и умением обращаться с разнообразным облицовочным материалом из грузинского мрамора и гранита, смонтировали первые эскалаторы Тби-

лисского метрополитена на станции Марджанишвили. Отлично потрудились ленинградцы на монтаже эскалаторов станций Октябрьская и Вокзальная, понизительных подстанций, контактной сети. Киевляне, славящиеся своей сварочной техникой, сконструировали специальный агрегат, который дал возможность сваривать стыки рельсов непосредственно в тоннелях.

В сооружении Тбилисского метрополитена участвовали сотни предприятий страны. Москва посылала подвижной состав, электрочасовые станции, вентиляторы, светильники, пульта-табло, щиты питания и многое другое.

Ленинград изготавливал эскалаторы, масляные выключатели, коммутаторы АТС; Киев — дроссель-трансформаторы, привода автостопов; Харьков — распределительные щиты, станции связи. Из Новой Каховки везли двигатели, из Медногорска — магнитные пускатели, Краснодар поставлял силовые распределительные шкафы; Рига — светильники, реакторы; Запорожье — выпрямительные агрегаты, теплообменники, анодные выключатели. Нижнеднепровск снабжал светофорами, кабельными муфтами; Гомель — релейными и силовыми шкафами, стрелочными гарнитурами. Из Свердловска везли трансформаторы, из Чебоксар — контакторы, реле, магнитные станции. Тирасполь давал светильники, Камышин — изоляторы и т. д.

В свою очередь Грузия поставляла и поставляет мрамор для отделки станций всех отечественных метрополитенов.

Более чем за 20 лет своего существования метрополитен г. Тбилиси стал сложным транспортным сооружением с двумя самостоятельными линиями Дидубе — Самгорской и Сабурталинской с пересадочным узлом на станции Вокзальная.

Общая протяженность трасс в двухпутном исчислении достигла 22,9 км, количество станций — 19. Доля метрополитена в общегородских пассажирских перевозках постоянно возрастает с 7% в 1966 г. до 35% в 1986 г.

В первый год эксплуатации было перевезено 21,5 млн. пассажиров, а в 1986 г. — более 163 млн. пассажиров.

Метрополитен прочно вошел в повседневную жизнь города, без подземных магистралей ныне трудно представить жизнь миллионной столицы южной республики.

## § 6. Бакинский метрополитен

Год 50-летия Великой Октябрьской социалистической революции был вдвойне знаменательным для жителей столицы Азербайджана. В канун праздника 6 ноября 1967 г. они получили новый вид общественного транспорта — метрополитен.

В первоначальных вариантах генерального плана развития г. Баку строительство подземки предусматривалось еще в 1932 г.



Однако реализация этого плана стала возможной лишь после победы нашего народа в Великой Отечественной войне.

В 1951 г. был утвержден технический проект первой очереди Бакинского метрополитена. С этого периода были начаты строительные работы. Трудились в три смены, с высоким темпом, с большим воодушевлением. Однако в сентябре 1953 г. строительство было временно прекращено. Работы возобновились лишь в 1960 г.

Строительство велось в особо сложных гидрогеологических условиях. Давление подземных вод в зоне проходки тоннеля местами превышало 4 кгс/см<sup>2</sup>, грунт состоял из водоносного известняка с прослойками песка. Поэтому впервые в отечественном метростроении здесь применили комбинированный метод проходки тоннеля: кессонный способ в сочетании с глубинным водопонижением.

С первых дней строительства с бакинскими коллегами охотно делились своим опытом московские, ленинградские и киевские метростроевцы.

В сооружении метрополитена участвовало более 150 предприятий из 90 городов страны. Эта стройка была поистине всенародной. И здесь уместно вспомнить злободневно звучащие и по сей день слова С. М. Кирова: «Здесь в Баку, на этом огромном перекрестке дорог, ведущих во все уголки земного шара, на деле, в жизни, на практике сумели осуществить одно из величайших требований нашей программы — межнациональное братство».

Словом, строительство метрополитена в Баку явилось ярким проявлением торжества ленинской национальной политики, свидетельством высокого экономического развития нашей Родины, заботы Коммунистической партии Советского Союза и Советского правительства о трудящихся столицы солнечного Азербайджана.

21 июня 1967 г. в Баку по железной дороге прибыл необычный состав из 12 сине-голубых вагонов метро. За короткий срок была создана ремонтная база, началась подготовка специалистов. Параллельно велись строительно-монтажные и пуско-наладочные работы. Все организации, принимавшие участие в подготовке метрополитена к пуску, в предпусковой период работали под девизом «Метро — юбилею», изо дня в день наращивая темпы работы. Строительству оказывали всемерную помощь партийные, советские, профсоюзные и комсомольские организации города и республики. В связи с завершением первой очереди метрополитена и вводом ее в эксплуатацию в канун празднования 50-летия Великого Октября бакинскому метрополитену было присвоено имя В. И. Ленина.

И, наконец, наступил момент испытания на прочность всего сооружения — пуск пробного поезда. Он состоялся 16 октября 1967 г. На каждой станции поезд встречали ликующие от радости

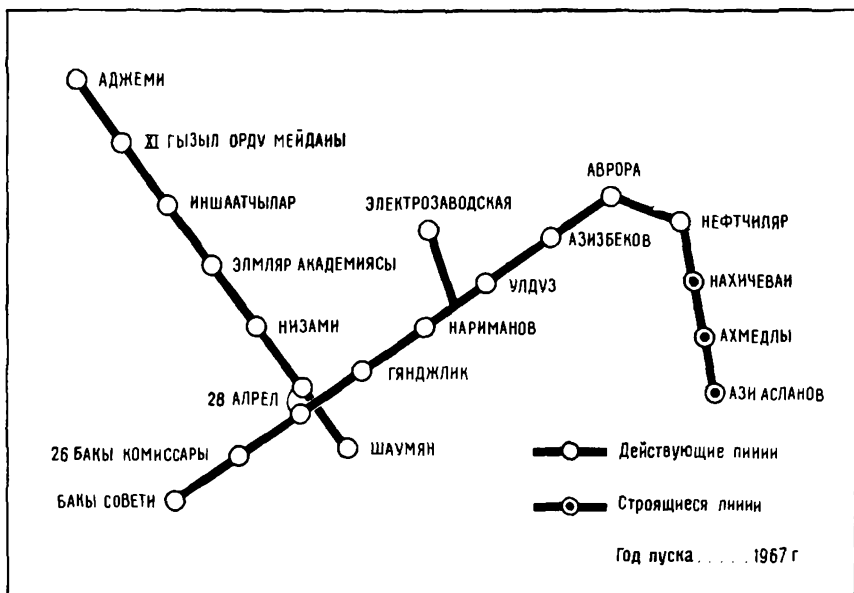


Рис. 5. Схема линий Бакинского метрополитена

строители и эксплуатационники. Обкатка продолжалась 20 дней. А 6 ноября 1967 г. на станции Баки Совети состоялось торжественное открытие первого участка. На временной трибуне рядом с представителями ЦК КП Азербайджана, правительства республики, горкома и горисполкома — знатные строители и будущие эксплуатационники, гости из братских республик Закавказья.

В 10 часов 15 минут после торжественного гудка первый поезд с пассажирами отправился в путь. Так бакинцы за день до 50-летия Великого Октября получили новый современный вид общественного транспорта.

В последующие годы поэтапно были введены в эксплуатацию новые участки и станции. В апреле 1970 г. подарком метростроителей к 100-летию со дня рождения В. И. Ленина явился пуск станции Улдуз и перегона протяженностью 1,5 км. В следующем году вступили в строй действующие станции Азизбеков, Аврора, Нефтчиляр на трассе протяженностью 5,3 км (рис. 5).

Открытие этих трех станций значительно улучшило транспортные связи нового большого жилого массива — поселка им. Губкина с центром. Последняя станция первой очереди Бакинского метрополитена Низами с прилегающим перегонном протяженностью 2,2 км была задействована 31 декабря 1976 г. в канун 60-летия Октябрьской революции.

Сегодня метрополитен столицы Азербайджана играет решающую роль в обеспечении общественным транспортом жителей и гостей города. Протяженность двух линий Бакинского метрополи-

тена составляет 25,2 км. Ежедневно на метрополитен приходится более одной пятой всех пассажироперевозок города. В среднем за сутки голубые экспрессы доставляют к станциям назначения более 450 тыс. пассажиров.

Бакинцам трудно нынче представить свой город без метрополитена. Они порой не замечают ту или иную перемену на станциях. Им кажется, что этот комфортабельный транспортный конвейер не имеет права на остановку, на передышки и должен работать с точностью часового механизма. И они правы. Бакинские метрополитеновцы работают четко и надежно.

## § 7. Харьковский метрополитен

Харьковский метрополитен шестой в стране по времени сооружения и второй на Украине органически вписался в облик города. Полуторамиллионный Харьков один из крупнейших промышленных, научных и культурных центров нашей страны, город славных революционных традиций, боевых подвигов и трудовых свершений. Его знамя украшают ордена Ленина и Октябрьской Революции.

Исторически сложившаяся радиальная планировка Харькова с суживающимися по мере приближения к центру улицами, застроенными многоэтажными домами, сильнопересеченный рельеф местности затрудняют развитие средств наземного уличного транспорта. Отдельные жилые районы удалены от промышленных предприятий и центра города, где расположены учебные заведения и научно-исследовательские институты, на значительные расстояния.

В условиях сложившейся застройки решить проблему пассажироперевозок мог только современный подземный вид транспорта. Проектное задание на строительство первой очереди метрополитена в Харькове было утверждено в 1967 г. А уже в следующем началось возведение подземной магистрали длиной 18 км с 13 станциями. В Харьков прибыли метростроители из Баку, Киева, горняки из Донецкого и Подмосковного угольных бассейнов. Строительство велось в сложных геологических условиях. Так, только на первой линии 6 станций и 7 км перегонных построены в плывунах и других обводненных грунтах. Тоннели проложены под двумя реками Харьков и Лопань и густонаселенными городскими кварталами. При возведении первого участка Свердловско-Заводской линии строители проложили более 25 км тоннеля, вынули 1,3 млн. м<sup>3</sup> грунта, уложили около 190 тыс. м<sup>3</sup> мрамора и гранита.

Работа велась по напряженному графику. Наградой за труд стал долгожданный праздничный день 21 августа 1975 г., когда Государственная комиссия подписала акт о приемке в эксплуатацию первого участка 1-й очереди метрополитена в г. Харькове.

Приветливо распахнули двери своих подземных дворцов 8 станций: ул. Свердлова, Южный вокзал, Центральный рынок, Советская, Проспект Гагарина, Спортивная, Завод им. Малышева, Московский проспект.

А строительство продолжалось. Возводился второй участок 1-й очереди, пролегающий вдоль заводов-гигантов, расположенных по Московскому проспекту. Здесь сооружались станции: Комсомольская, им. Советской Армии, Индустриальная, Тракторный завод, Пролетарская. И на каждом новом участке были свои трудности. Особенно строителям мешали насыщенность различными подземными коммуникациями, интенсивное движение трамваев над прокладываемыми тоннелями.

Уже 31 января 1976 г., проложив левый перегонный тоннель от станции Индустриальная, проходчики вывели щит в котлован станции им. Советской Армии. А летом следующего года на всех пяти станциях полным ходом шли отделочные работы.

День 20 июля 1978 г., когда по новой линии прошел первый пробный поезд, сохранится в памяти харьковских строителей и жителей города надолго. А 11 августа торжественный митинг на станции Тракторный завод положил начало регулярному движению голубых экспрессов по всей трассе первой очереди Харьковского метрополитена. Второй участок вступил в строй действующих на 4 мес 20 дней раньше, чем было предусмотрено графиком.

Средняя скорость сооружения метрополитена в Харькове составила 1,8 км трассы в год. Таких темпов, как на строительстве второго участка (свыше 2 км в год при высоком качестве работ и сравнительно низких затратах), еще не знала практика отечественного метростроения.

Вторая очередь метрополитена (Салтовская линия) от станции Исторический музей до станции Барабашова была введена в эксплуатацию досрочно, 11 августа 1984 г. В последующем был построен участок длиной 3,6 км с тремя станциями. Теперь протяженность линий составляет 27,6 км, а количество станций — 21. На Салтовской линии через реку Харьков построен первый в стране опытный метромост оригинальной конструкции длиной 336 м, закрытого типа, соединяющий станции Киевская и Барабашова. Третья очередь метрополитена пройдет от проспекта Гагарина через центральную часть города по проспекту Ленина в сторону Алексеевского жилого массива. Ее протяженность 15,6 км (рис. 6).

В сооружении метрополитена Харькову помогала вся страна. Из Днепропетровска и Ленинграда поступали чугунные тьюбинги. Из Москвы, Баку, Киева, Ташкента — механизмы, инструменты, железобетонные конструкции, с Уральских заводов — прокат.

Промышленные предприятия Харькова изготовили для метростроевцев технологическое нестандартное оборудование, элементы оформления станций. Весомый вклад в сооружение подземной



Рис. 6. Схема линий Харьковского метрополитена

магистрالی внесли коллективы крупнейших заводов города: завода им. В. А. Малышева, турбинного им. С. М. Кирова, ХТЗ и многих других.

Особенностью Харьковского метрополитена является полное отсутствие на поверхности станционных сооружений, что позволило рациональнее использовать надземное пространство города. Архитектурно-художественные решения станций и пешеходных переходов подчинены максимальному обеспечению удобств пассажиров, увязаны с архитектурным ансамблем улиц и площадей города, что создает единую идейно-художественную композицию. Основные черты станций метро — индивидуальная выразительность, лаконичность, четкость линий, легкость форм и архитектурно-конструктивная гармония.

## § 8. Ташкентский метрополитен

Первая очередь Ташкентского метрополитена, названная Чиланзарской линией, протяженностью 12,1 км с девятью станциями была введена в строй действующих 6 ноября 1977 г. к 60-летию Великой Октябрьской социалистической революции. Ввод первого участка от станции Сабира Рахимова до станции Октябрьской Революции связал центр города с юго-западной промышленной зоной и жилым массивом Чиланзар и значительно улучшил транспортное обслуживание населения.



Рис. 7. Схема линий Ташкентского метрополитена

Строительство Ташкентского метрополитена велось впервые с учетом высокой сейсмичности и наличия просадочных грунтов. Именно поэтому были разработаны и внедрены сейсмостойкие конструкции станций и перегонных тоннелей из сборных железобетонных элементов с антисейсмическими узлами.

Вторая очередь Чиланзарской линии протяженностью 4,5 км с тремя станциями сооружалась в течение 3 лет и была введена в строй с опережением сроков на 5 мес ко Дню строителя в 1980 г. С пуском второго участка общая протяженность Чиланзарской линии составила 16,6 км с двенадцатью станциями.

В 1971 г. было начато строительство второй линии Ташкентского метрополитена. Первый пусковой участок от станции Навои до станции Ташкент протяженностью 5,5 км с пятью станциями был пущен досрочно в декабре 1984 г. к 60-летию образования Узбекской ССР и Компартии Узбекистана.

Введенный в эксплуатацию первый участок новой Узбекистанской линии позволил обеспечить надежной транспортной связью центр города с железнодорожным вокзалом и через посадочный узел Навои — Пахтакор соединил Чиланзарскую и Узбекистанскую линии.

На новых станциях метро: Навои, Узбекистанская, Проспект Космонавтов, Айбек и Ташкент в отделке и архитектурном оформлении широкое применение получили декоративная керамика и художественное стекло, которые в сочетании с традиционным мрамором и гранитом создали национальный колорит и вырази-

тельность. Измерительный рисунок, тематичность, историческая тематика делают ташкентский метрополитен одним из красивейших метрополитенов мира.

С пуском в эксплуатацию первой очереди Узбекистанской линии общая протяженность Ташкентского метрополитена составила 20,2 км с семнадцатью станциями (рис. 7). В настоящее время закончено строительство по продолжению Узбекистанской линии в юго-восточном направлении в район городка Авиастроителей. Ввод в эксплуатацию осуществлен в 1987 г. Разрабатывается также проект по продлению линии в северо-западном направлении в сторону жилого массива Каракамыш. Согласно генеральной схеме развития метрополитена в г. Ташкенте к 2010 г. будут действовать три линии метро общей протяженностью более 50 км.

За успешное выполнение коллективом социалистических обязательств, взятых к 110-й годовщине со дня рождения В. И. Ленина, коллективу Ташкентского метрополитена в 1980 г. присвоено имя В. И. Ленина.

## § 9. Ереванский метрополитен

Бурный рост столицы Армении, одного из древнейших городов мира Еревана, в начале 70-х годов и быстрое увеличение числа жителей резко обострили транспортную проблему. Сложный рельеф местности с разностью отметок в 550 м, оторванность новых микрорайонов друг от друга и центра города, исторически сложившаяся скудная застройка старого Еревана с сетью узких улиц ограничивали возможность нормальной работы наземного транспорта. После тщательного технико-экономического анализа был выбран подземный вариант скоростного трамвая, как наиболее удобного для массовых перевозок.

Проектом предусматривалось строительство тоннеля (по габаритам метрополитена) для пропуска скоростного трамвая на участке улица Киевян — площадь Ленина с двумя промежуточными станциями. Во второй половине 1972 г. началось строительство подземного скоростного трамвая. За 5 лет строители проложили 3,9 км тоннеля. В 1981 г. было опубликовано постановление ЦК КПСС и Совета Министров СССР о строительстве метрополитена в городе Ереване, которое явилось толчком для широкого развертывания проектирования и строительства подземной транспортной магистрали, уже как метрополитена.

При разработке проекта исходили не только из традиционного принципа проектирования метрополитена в зависимости от численности населения города, величины пассажиропотоков и средней дальности поездок, но и была принята во внимание специфика города: сложный рельеф местности, повышенная подвижность местного населения, гидрогеологические особенности трассы.

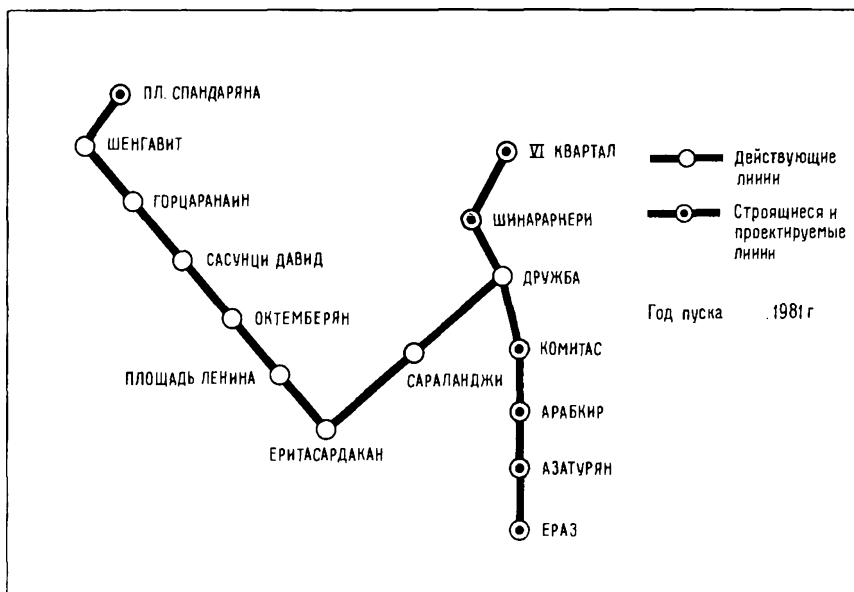


Рис. 8. Схема линий Ереванского метрополитена

При сооружении Ереванского метрополитена были осуществлены новые конструктивные решения и инженерные способы сооружения метрополитена, позволяющие получить значительный технико-экономический эффект. На трассе первой очереди Ереванского метрополитена от улицы Киевян до площади Спандаряна протяженностью 11,6 км намечалось расположить 9 станций для связи густонаселенных жилых районов с железнодорожным вокзалом и промышленной зоной города.

В пусковой комплекс первой очереди длиной 7,6 км (из которых 1,9 км — наземная часть) вошли 5 станций: Дружба, Сараланджи (Маршал Баграмян), Еритасардакан, Площадь Ленина и Сасунци Давид. Станции построены двух типов: сборно-монолитной конструкции с колоннами и пилонные из монолитного бетона. Перегонные тоннели круглого профиля пройдены в монолитной сборной железобетонной и чугунной отделках.

Вестибюли и станции метрополитена — это целый комплекс архитектурных и инженерных сооружений, построенных с использованием лучших достижений национального зодчества. Каждая станция имеет свой индивидуальный архитектурный облик. Богата цветовая гамма станций, для их отделки использованы ценные породы натурального камня — мрамор, гранит, габбро, базальт, травертин и туф, доставленные с Урала, Сибири, Украины, Средней Азии, Грузии и Армении. В оформлении станций наряду с оригинальными архитектурными формами применены декора-



тивные панно и барельефы, изображающие страницы армянского национального эпоса и героики современной эпохи.

24 февраля 1981 г. в день открытия XXVI съезда КПСС Государственная комиссия подписала акт о приемке в эксплуатацию пускового комплекса первой очереди Ереванского метрополитена. Наступили напряженные дни предпусковой обкатки поездов, проверки и наладки всех систем и узлов. А 7 марта 1981 г. состоялось торжественное открытие Ереванского метрополитена. Гостеприимно открылись двери вестибюлей станций. Началось регулярное движение поездов по подземной магистрали от станции Дружба до станции Сасунци Давид, расположенной у железнодорожного вокзала. Метрополитен сразу завоевал популярность у ереванцев за скорость и надежность.

В 1983 и 1986 гг. было сдано в эксплуатацию еще по одной станции. Общая протяженность линии составила 9,8 км с семью станциями (рис. 8), из них две станции — наземные. Но строительство на этом не закончено. Планируется дальнейшее развитие Ереванского метрополитена.

## § 10. Минский метрополитен

Необходимость строительства метрополитена в столице Белоруссии городе-герое Минске была обоснована в 1969—1972 гг. при разработке комплексной схемы развития всех видов городского транспорта до 1990 г. К концу 60-х годов вследствие интенсивного развития промышленности, сети научных, учебных, культурных и общественных организаций, население Минска превысило миллион человек.

Город, восстановленный из руин, с участием лучших архитектурных сил страны стал одним из красивейших городов. Высокими темпами развивался в городе и общественный транспорт. Вместе с тем авторы генерального плана восстановления центральной части Минска в те годы не могли предвидеть столь высокие объемы и темпы роста городского хозяйства. В итоге ряд основных магистралей к 1970 г. исчерпал свою пропускную способность. Появились серьезные трудности в доставке людей к месту работы, объектам культурно-бытового назначения и просвещения из основных жилых массивов, построенных вдали от центра.

Разрабатывая комплексную схему развития всех видов городского транспорта, институт «Минскпроект» провел технико-экономическое сравнение трех вариантов новых видов общественного транспорта: автобус «экспресс», скоростной трамвай и метрополитен. При сравнении результатов преимущество метрополитена оказалось бесспорным.

Институт «Метрогипротранс» в 1974 г. разработал уточненные технико-экономические обоснования строительства первой очереди метрополитена общей протяженностью 22 км, состоящей из двух линий с девятнадцатью станциями.

Первая линия длиной 8,6 км с девятью станциями в основном предусматривалась под главной транспортной магистралью города — Ленинским проспектом. Вторая — протяженностью 13,4 км с девятью станциями соединяла жилую зону Пушкинского проспекта западной части города с промышленной зоной его юго-восточной части. Пересечение линий намечалось в районе Центральной площади с сооружением пересадочного узла.

Возведение первой линии метрополитена от станции Институт культуры до станции Московская было начато в конце 1977 г. Но на год раньше началось строительство первой очереди промышленной базы метростроя, что в конечном итоге предопределило досрочный ввод в эксплуатацию первой линии.

Задолго до начала строительства городские службы определили и включили в перспективные планы работы по реконструкции городского общественного транспорта и ряда сложных инженерных коммуникаций с учетом представления фронта работ метростроителям. Сложившаяся городская планировка с радиально-концентрическим расположением улиц, геологические особенности грунта, позволяющие прокладку линий только мелкого заложения и открытым способом, составили для всего городского хозяйства сложную задачу по представлению фронта горно-проходческих работ. Достаточно сказать, что в период строительства пускового участка главная транспортная артерия города — Ленинский проспект — в течение трех лет была полностью закрыта для движения всех видов транспорта, и не будь серьезной предварительной подготовки город столкнулся бы с непреодолимыми транспортными трудностями. Аналогичные проблемы были предварительно решены по сети водостоков, теплофикации, электро-снабжения, водоснабжения и связи.

Очень много разнообразных проблем по увязке строительства метрополитена с существующими устройствами и сооружениями города возникло в процессе производства работ. Решая их, проектировщики, строители, эксплуатирующие организации проявили инициативу, инженерную смекалку, изобретательность.

Участок первой линии метрополитена в Минске введен в эксплуатацию 29 июня 1984 г., на 6 мес раньше установленного срока, к знаменательной для нашей страны дате — 40-летию освобождения Белоруссии от немецко-фашистских захватчиков. Протяженность участка 8,6 км с восемью станциями, депо и инженерным корпусом.

Участок первой линии Минского метрополитена был проложен от центра в сторону транспортно-промышленной зоны в юго-западной части города (рис. 9), где сосредоточены железнодорожная станция Минск-Товарный с комплексом объектов ж. д. транспорта и пять крупных заводов. В зоне прохождения трассы расположены многие крупные предприятия города, общественные и государственные учреждения.

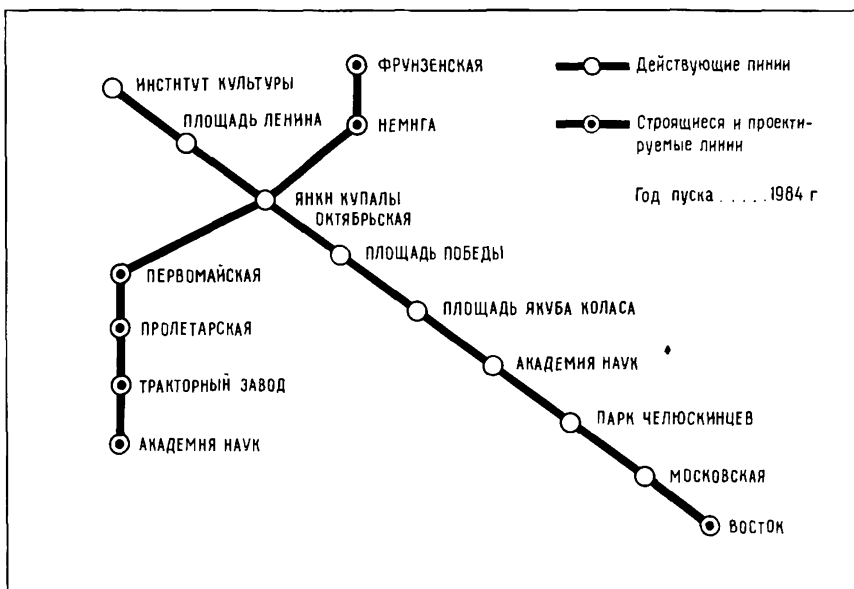


Рис. 9. Схема линий Минского метрополитена

План и профиль трассы определялись городской застройкой, инженерно-геологическими и рельефными условиями, а также существующими и перспективными подземными сооружениями.

Минский метрополитен был запроектирован и построен на уровне самых высоких мировых требований и стандартов. И незадолго до его открытия был встречен тысячами минчан с большим восторгом, нашедшим отражение в книге отзывов. Вот, например, запись, сделанная ветераном труда: «Вошла в метро и плачу от радости и гордости за свой город, за свою страну. Большое спасибо строителям метро. Это огромное чудо!..» Немало подобных записей сделано зарубежными гостями, например: «Я студент, гражданин Мадагаскара, очень восхищен мастерством строителей новой линии метро». Не менее взволнованные отзывы кроме минчан были оставлены представителями Вьетнама, Польши, Никарагуа и других стран.

## § 11. Горьковский метрополитен

Первым метрополитеном в Поволжье стал Горьковский метрополитен. Технический проект строительства первой очереди метрополитена в г. Горьком был утвержден в 1976 г. А уже через год 17 декабря 1977 г. была залита первая свая ограждения станции Ленинская. С этого момента и началось строительство метрополитена в городе Горьком, десятого по счету в стране.

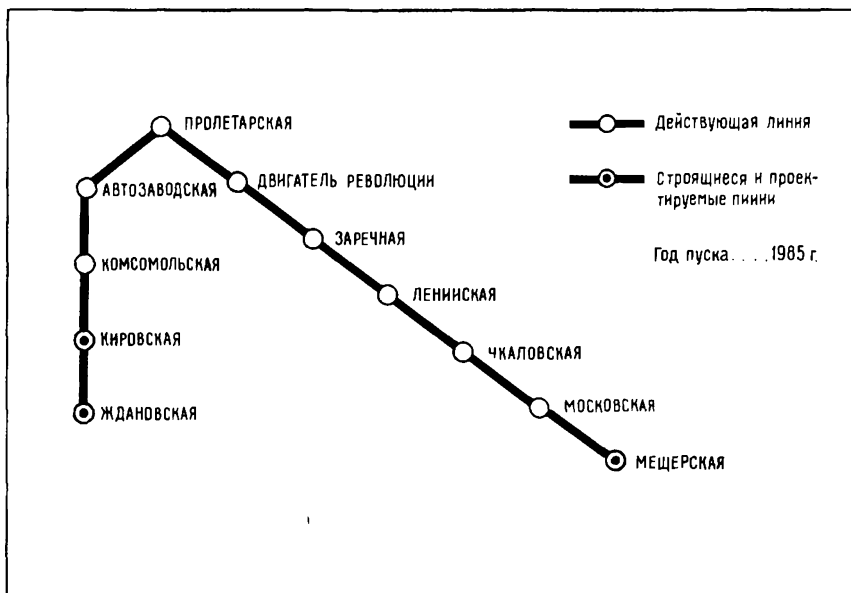


Рис. 10. Схема линий Горьковского метрополитена

В пусковой комплекс 1-го участка первой очереди вошли линия протяженностью 7,8 км с шестью станциями, депо и инженерный корпус. Ввод в эксплуатацию осуществлен 19 ноября 1985 г. Это был общегородской праздник. Газеты писали: «Первые пассажиры увидели шесть новых станций. У каждой из них свой художественный образ. А создать его помогло использование богатой цветовой гаммы природного камня. Его привезли в город на Волге из Карелии и Ленинградской обл., Киргизии и с Украины, с Байкала и из Грузии, Узбекистана, Хакассии и даже с Кубы. Строить горьковчанам метро помогала вся страна».

Первый участок обеспечил скоростную связь между Московским вокзалом и тремя промышленными районами города — Канавинским, Ленинским и Автозаводским. Положение трассы в плане определялось расположением станций в наиболее крупных пассажирообразующих узлах с учетом сложившейся планировочной структуры и перспективы развития районов города, а также исходя из условий строительства линий мелкого заложения.

Станция Московская (рис. 10), являющаяся пересадочной на перспективную Сормовско-Нижегородскую линию метрополитена, расположена под площадью Революции. Она выполнена с двумя пассажирскими платформами островного типа и четырьмя путями в одном конструкторском объеме с использованием сборно-монолитной железобетонной обделки. Вестибюли станции Московская, объединенные для обеих платформ, соединяются с ними лестницами и эскалаторами. Станции Чкаловская, Ленинская,

Заречная, Двигатель Революции и Пролетарская расположены под улицей Октябрьской Революции и проспектом Ленина.

Второй пусковой участок 1-й очереди до станции Комсомольская протяженностью 1,9 км введен в эксплуатацию в 1987 г. Уже с 1984 г. начались работы по переносу инженерных коммуникаций из зоны строительства участка продления Автозаводско-Мещерской линии до станции Ждановская протяженностью 2,5 км. Этот участок будет закончен в 1989 г. Таким образом, к 1989 г. Горьковский метрополитен пополнится еще четырьмя станциями.

## § 12. Новосибирский метрополитен

Столицей Западной Сибири по праву называют Новосибирск, крупнейший город с удивительной судьбой. На месте небольшого рыбацкого поселка Гусевка (1883 г.) за неполные сто лет вырос один из крупнейших и быстрорастущих городов нашей страны. Численность населения Новосибирска достигла 1,5 млн. человек, а в перспективе составит 2,35—2,5 млн. Поэтому при разработке транспортной схемы развития всех видов транспорта было принято решение построить метрополитен протяженностью около 52 км с тремя линиями: Ленинской протяженностью около 20 км, Кировской — около 21 км и Дзержинской длиной примерно 11 км.

Ленинская линия пройдет с северной в западную часть города и вместе с Кировской, которая пройдет с востока на юг, соединит правобережную и левобережную части города. Дзержинскую линию планируется построить по правобережной части. В местах пересечения линий будут построены крупные пересадочные узлы. Принятая схема обеспечит поездки пассажира в любой район города без пересадки или не более чем с одной пересадкой.

Трасса Ленинской линии соединяет центральную часть города с правобережной мостом через Обь, предназначенным только для метрополитена, и пройдет по главной улице города Красному проспекту.

По инженерно-геологическим условиям вся трасса будет иметь 11 станций мелкого заложения. Моторвагонное депо запроектировано в долине реки Ельцовка, которая проходит по всему городу.

При детальной проработке, с учетом всех градостроительных, транспортных и строительных факторов было признано целесообразным разместить станцию Спортивная на эстакаде мостового перехода вблизи зоны отдыха жителей города и будущего крупного спортивного комплекса. В пусковой участок первой очереди включена также часть Кировской линии от станции Сибирская, расположенной на Красном проспекте и до Вокзальной (рис. 11).

Участок Кировской линии проходит по важнейшему транспортному направлению: улицам Челюскинцев и Гоголя, что позволяет значительно улучшить транспортные связи населения на этом направлении.

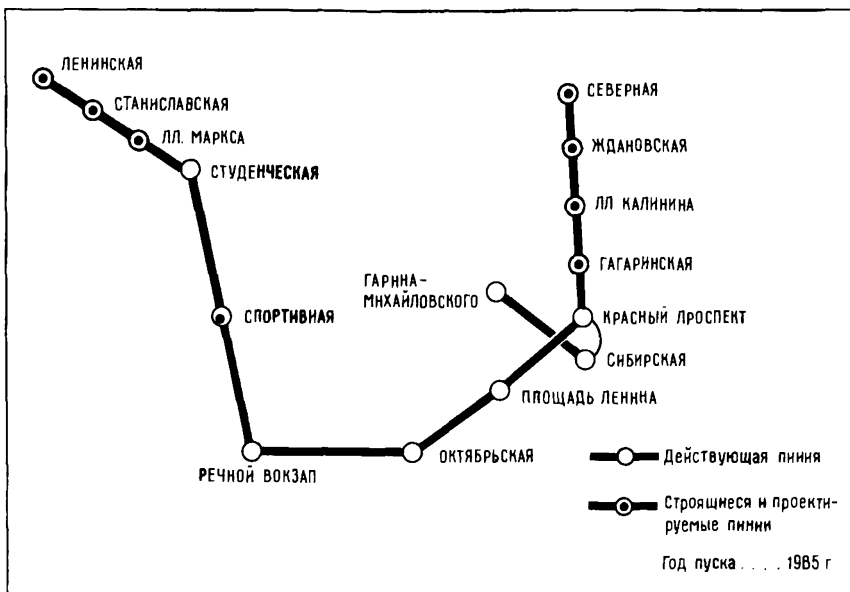


Рис. 11. Схема линий Новосибирского метрополитена

На Красном проспекте создается центральный пересадочный узел с объединенным вестибюлем двух станций.

Первый участок Новосибирского метрополитена принял пассажиров в конце 1985 г.

### § 13. Строящиеся метрополитены

В настоящее время ведется сооружение метрополитенов в Днепропетровске, Куйбышеве\*, Свердловске, Риге и Алма-Ате.

Строительство первой очереди метрополитена в Днепропетровске имеет целью обеспечить скоростную транспортную связь исторически сложившегося административно-культурного центра города с западными и восточными промышленными зонами и районами массовой жилой застройки правобережной части города. Трасса линии начинается от оборотных тупиков перед станцией Коммунарская и проходит по проспекту Свободы, у территории трубопрокатного завода имени В. И. Ленина и металлургического завода имени Г. И. Петровского, вдоль улицы Маяковского, проспекта Калинина и далее вдоль проспекта Карла Маркса до пересечения его с проспектом Гагарина. На линии будут построены 9 станций: Коммунарская, Электровозостроителей, Заводская,

\* Первый участок линии метрополитена в Куйбышеве введен в эксплуатацию в конце 1987 г.

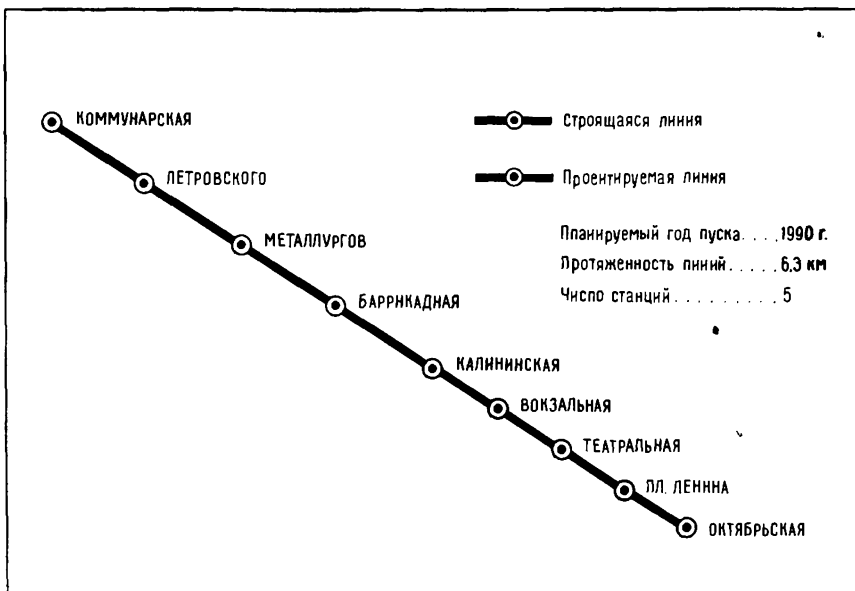


Рис. 12. Схема линий Днепропетровского метрополитена

Металлургов, Дворец Ильича, Вокзальная, Парк Чкалова, Площадь Ленина, Октябрьская площадь. Из указанных станций только станция Коммунарская мелкого заложения с открытым способом работ, остальные станции глубокого заложения с закрытым способом работ.

Протяженность первой очереди метрополитена 11,9 км с девятью станциями (рис. 12).

Ввод в эксплуатацию предусматривается в два этапа: первый участок от станции Коммунарская до станции Вокзальная с шестью станциями протяженностью 7,8 км с депо и инженерным корпусом — в 1990 г. Второй участок от станции Вокзальная до станции Октябрьская площадь с тремя станциями протяженностью 4 км и зданием эксплуатационного персонала — в 1993 г.

Линия первой очереди Куйбышевского метрополитена проходит через центр города с плотной застройкой вдоль основных магистралей в восточную промышленную зону. Подготовительные работы начаты в 1979 г., а основные ведутся с 1981 г.

Первая очередь будет иметь протяженность 17,4 км, депо и инженерный корпус. Все станции мелкого заложения с открытым способом производства работ. Гидрогеологические условия весьма сложные на участке длиной 5 км, сложные на участке длиной 6 км и благоприятные на участке длиной 6 км. Ввод предусматривается поэтапно в двенадцатой пятилетке участками 4,8 км с четырьмя станциями, депо и инженерным корпусом, затем



Рис. 13. Схема линий Куйбышевского метрополитена

4,3 км от станции Проспект Гагарина до станции Победа и оставшийся участок длиной 8,2 км будет вводиться в тринадцатой пятилетке (рис. 13).

В 1978 г. утвержден проект строительства первой очереди метрополитена в г. Свердловске от станции Чкаловская до станции Проспект Космонавтов.

Первая очередь метрополитена пересекает городскую застройку с юга на север и соединяет между собой четыре района города, крупную промышленную северную зону с прилегающими жилыми микрорайонами, железнодорожный вокзал и автовокзал с жилыми кварталами по улицам 8 Марта и Щорса. В составе первой очереди выделен первый пусковой участок от станции Площадь 1905 года до станции Проспект Космонавтов, что позволит решить транспортную проблему по самому напряженному направлению движения наземного пассажирского транспорта. Протяженность первой очереди — 11,55 км, количество станций — девять (рис. 14).

Комплексной схемой развития городского пассажирского транспорта предусмотрено сооружение метрополитена в г. Риге.

Первая линия протяженностью 9,0 км свяжет районы массовой жилой застройки западной части города через ее центр с промышленным районом в юго-восточной части. Количество станций на линии — восемь, из них 4 станции — глубокого заложения.

Строительство будет проходить в сложных инженерно-геологи-



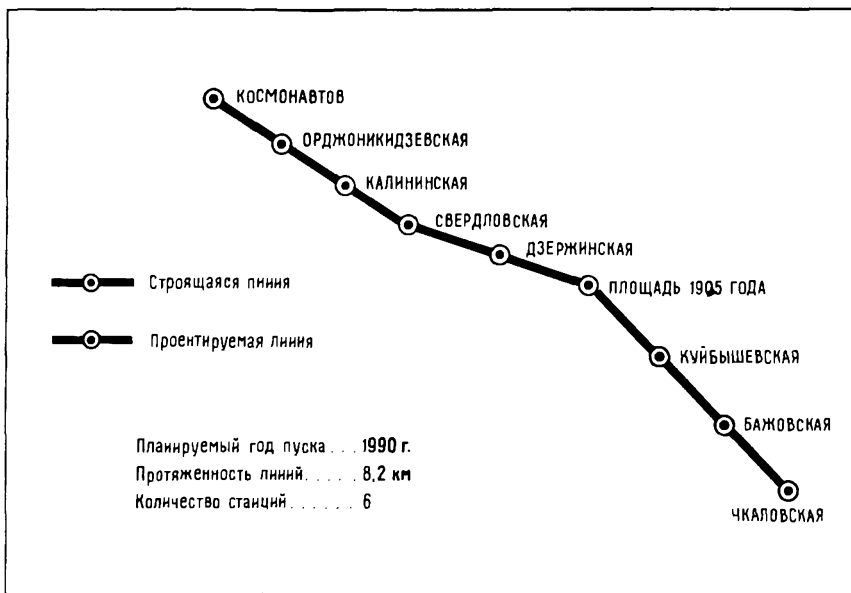


Рис. 14. Схема линий Свердловского метрополитена

ческих условиях, в районах плотной городской застройки, большой исторической ценности. Для осуществления строительства необходимо в течение двух лет провести комплекс подготовительных работ по сносу зданий, перекладке подземных коммуникаций, подготовке строительных площадок с сооружением временных зданий и наземных горных комплексов. Необходимо также соорудить производственную базу строительства.

В соответствии с решением директивных органов в двенадцатой пятилетке начато сооружение первой очереди метрополитена в г. Алма-Ате.

Строительство первого участка от станции Октябрьская до станции Алатау протяженностью 8,3 км позволит решить проблему пассажироперевозок, так как свяжет через центр крупные жилые массивы с промышленными районами. Количество станций — восемь, в том числе шесть — глубокого заложения.

Строительство метрополитена ведется в трудных условиях селевых отложений и в зоне высокой сейсмичности.

#### § 14. Развитие подвижного состава

Параллельно со строительством метрополитена ученые, инженеры, конструкторы работали над созданием подвижного состава.

Директивами XVII конференции ВКПб в феврале 1932 г. строительство метровагонов было поручено Мытищинскому маши-

ностроительному заводу. Проект новых цехов завода был разработан еще в 1930—1931 гг. Предусматривался ежегодный выпуск ими не менее 265 вагонов.

Центральное вагоноконструкторское бюро Всесоюзного объединения вагоностроительных и тормозных заводов под руководством инженера П. П. Травина разработало конструкцию первых метровагонов. Активно участвовали в ее разработке инженеры А. Г. Акимов, Г. И. Каштанов, О. А. Бойчевский. Одновременно инженерно-технические работники Московского завода «Динамо» разработали электрическую схему метровагона, конструкцию тяговых двигателей, электрическую аппаратуру. Активно работали И. И. Белкин, Б. Н. Тихменев, М. З. Жиц, А. А. Рабинович и другие специалисты. В мае 1933 г. была выполнена опытная модель вагона метрополитена. После обкатки и проверки работы вагона Государственной комиссией над доработкой конструкции работала группа ведущих специалистов под руководством главного конструктора Т. А. Казанского и конструктора И. К. Ковалева.

Тормозная система была разработана на Московском тормозном заводе группой конструкторов в составе И. К. Матросова, В. И. Крылова и Е. В. Клыкова.

27 августа 1934 г. Мытищинским заводом было подготовлено два опытных вагона, которые были направлены на завод «Динамо», где было смонтировано электротехническое оборудование и аппаратура. Там же вагоны были опробованы, прошли обкатку и 14 октября 1934 г. были отправлены на метрополитен. 15 октября первая секция прибыла в депо «Северное». Первый вагон был опробован со скоростью около 25 км/ч с пассажирами, которыми были работники заводов-изготовителей Мытищинского машиностроительного, Московского тормозного и завода «Динамо». Среди первых пассажиров были также специалисты метростроя. Первые вагоны получили названия «ММ-1 моторный» и «МП-1001 прицепной» типа «А».

К дню открытия VII съезда Советов 25 января 1935 г. Мытищинский завод выпустил первые 40 вагонов, обеспечив тем самым своевременное открытие движения на метрополитене. В процессе эксплуатации и доводки первые вагоны типа «А» и «Б» были значительно модернизированы, особенно усовершенствована их электрическая схема. Эксплуатация показала высокую надежность и долговечность вагонов. Срок их эксплуатации был определен в 50 лет. Вагоны обеспечивали устойчивый пробег без капитального ремонта 2,5 млн. км.

Серьезным недостатком конструкции первых вагонов было несовершенство конструкции автотормозов. Торможение было пневматическим, производилось за счет трения колодок о бандажи колес (электротормоз был внедрен позднее). Недостаточна была

и электрическая защита от токов перегрузки и коротких замыканий.

#### Основные характеристики вагонов

Масса тары головного вагона «А» . . . . .	51,7 т
» » прицепного вагона «Б» . . . . .	36,3 т
Габариты . . . . .	18 400×2 700× × 3 700 мм
Конструкционная скорость . . . . .	65 км/ч
Мощность на валу двигателя . . . . .	153 кВт
Напряжение на тяговом двигателе . . . . .	750 В

В испытаниях первых вагонов принимали активное участие метрополитеновцы А. И. Ежов, А. Ф. Новохацкий, которые впоследствии руководили метрополитеном, а также Г. Ф. Федоров, В. Г. Трофимов, А. М. Минц.

Московский железнодорожный узел направил для работы на метрополитен с электрифицированных участков своих лучших машинистов, среди которых можно назвать имена И. И. Иванова, А. С. Трофимова, Н. С. Тимофеева, Ф. Н. Фролова и др.

Все конструкторские разработки метровагонов были сосредоточены в конструкторском бюро Мытищинского завода, которое уже в 1938 г. приступило к проектированию нового вагона с более совершенной тележкой, электрическим тормозом и меньшей массой.

Уже в 1939 г. завод приступил к строительству первых шести опытных вагонов типа «Г» для 3-й очереди метрополитена и в 1940 г. они были переданы в опытную эксплуатацию.

Война задержала выпуск новых вагонов и только в 1946 г. переработанная на основании испытаний техническая документация была передана в заводские цеха. Доводку вагонов производил подотдел КБ завода, который возглавил конструктор К. И. Каштанов.

В день празднования 800-летия Москвы первые вагоны типа «Г» поступили на метрополитен. Эти вагоны обладали более совершенной быстродействующей электрической тормозной системой, имели меньшую массу и более высокую скорость движения. Электрическая аппаратура была значительно усовершенствована, обладала высокой степенью надежности и меньшими габаритами. Упростилось управление за счет применения группового, а не индивидуального привода. Было расширено применение аппаратуры, работающей от токов низкого напряжения, что обеспечило большую безопасность и надежность. Все вагоны выпускались с кабинами машиниста, каждая ось была обмоторена, длина вагона увеличилась на 330 мм, остальные габариты не изменились. Масса тары уменьшилась на 8,0 т, масса тележки на 2,1 т. Конструктивная скорость увеличилась на 10 км/ч, улучшились динамические параметры. Этот вагон экспонировался на Лейпцигской выставке, где получил высокую оценку.

Однако у вагона были и существенные недостатки, в частности: велики тяговые двигатели, подвеска их была жесткой, что приводило к отказам двигателей вследствие плохой амортизации. Доработки требовала и конструкция редуктора, передающего силу тяги от двигателя к колесной паре, поэтому было принято решение приступить к конструированию новой, более совершенной конструкции вагона.

В 1955 г. заводы начали выпускать метровагоны серии «Д», которые уже в 1956 г. стали поступать на Ленинградский метрополитен. Это были конструктивно более современные вагоны и отличались от вагонов типа «Г» прежде всего меньшей массой (масса тары вагона была меньше на 7,5 т, масса тележки — на 2,2 т). Значительно была улучшена конструкция ходовых частей, улучшена амортизация тяговых двигателей за счет совершенствования подвески, что, в свою очередь, позволило снизить массу тягового двигателя с 1450 до 700 кг. Была применена комбинированная автосцепка жесткого типа, которая обеспечила как механическое сцепление, так и надежное соединение пневмомагистралей и электрических цепей управления. Был сконструирован одноступенчатый редуктор с косозубой передачей и применена карданная муфта в тяговом приводе. Обшивка кузова вагона была выполнена из более тонкого листа. Интересным было решение подвески раздвижных дверей с помощью цепей Галля, что дало возможность вместо двух пневматических приводов установить один. Для открытых линий была выпущена модификация вагона «Д» с утеплением и герметизацией кабины машиниста, аппаратуры и салона.

Данные вагоны работают до настоящего времени на Московском и Ленинградском метрополитенах, небольшая модернизация позволила повысить степень их надежности.

В 1956 г. под руководством главного конструктора И. В. Разуваева на заводе приступили к разработке новой серии вагона типа «Е». В 1960 г. первая группа вагонов была передана на обкатку Московскому метрополитену. К серийному выпуску этих вагонов заводы приступили в мае 1963 г. Эти вагоны значительно отличались от предшествующих типов по своим электроаппаратным, динамическим и ходовым свойствам и соответствовали уровню вагоностроения того времени. Была значительно увеличена скорость, которая составила 90 км/ч, масса тары снижена до 31,7 т. С целью сокращения времени стоянки на станциях дверные проемы раздвижных дверей были увеличены с 900 до 1128 мм.

Впервые были применены алюминиевые сплавы, из которых были изготовлены двери, каркасы и другие элементы кузова. Тележка была выполнена с применением поводкового подвешивания и подрезиненной колесной пары.

Внедрение системы автоматического регулирования скорости (АРС), повышение в связи с этим частоты движения требовали дальнейшей модернизации вагонов. Этого требовал и внешний рынок. Промышленность вместе с метрополитеном, научными институтами и проектными организациями приступила к созданию новых модификаций. Появились модификации вагона «Е». Для Ленинградского метрополитена были разработаны вагоны «ЕМА» и «Ем», оборудованные ленинградской системой автоведения и дающие возможность эксплуатации линии метрополитена со станциями закрытого типа.

В апреле 1970 г. в день 25-летия освобождения Венгрии от фашистских захватчиков вошел в строй действующих метрополитен Будапешта. Вагоны для него были разработаны и поставлены советскими вагоностроителями.

В восьмой пятилетке вагоностроительные заводы перешли на выпуск вагонов типа «Еж» с усиленной тележкой и новой внутренней отделкой слоистым пластиком.

В октябре 1973 г. был начат выпуск вагонов типа «Ечс» для Пражского метрополитена. Вагоны выполнены по результатам новых разработок с учетом особенностей пражской трассы. На вагонах были установлены тяговые двигатели мощностью 72 кВт вместо 68 кВт, как на вагонах типа «Е». Принципиальным изменениям подверглась электросхема вагона — в режиме торможения введено тиристорное регулирование возбуждения двигателя. Это позволило осуществлять электродинамическое торможение при максимальной скорости (на вагонах предыдущих типов при скорости более 70 км/ч применялся пневмотормоз). Вагоны были оборудованы устройством системы автоматического регулирования скорости. На Пражском метрополитене вагоны хорошо проявили себя в эксплуатации, за что в марте 1976 г. правительство ЧССР вручило Мытищинскому заводу орден Труда. Параллельно разработчиками вагонов «Ечс» было подготовлено внедрение аналогичных конструкций для отечественных метрополитенов, такие вагоны получили индекс «Ежз».

Модернизированным типом вагонов «Е» явились вагоны типа 81-717 (81-714) (рис. 15, а и б), которые начали выпускаться в 1977 г. Эти вагоны отличаются от вагонов типа «Е» тем, что промежуточные вагоны не имеют кабины машиниста, за счет этого увеличена их вместимость. Салон вагонов отделан трудносгораемым декоративным пластиком. На вагонах этой серии впервые установлены принудительная вентиляция, люминесцентное освещение. Вспомогательные цепи получают питание от специального устройства БПСН. Сконструирован новый пульт управления, на котором смонтированы практически все приборы управления поездом. Вагоны выпускаются с устройствами автоматического регулирования скорости и экстренной связи пассажиров с машинистом.

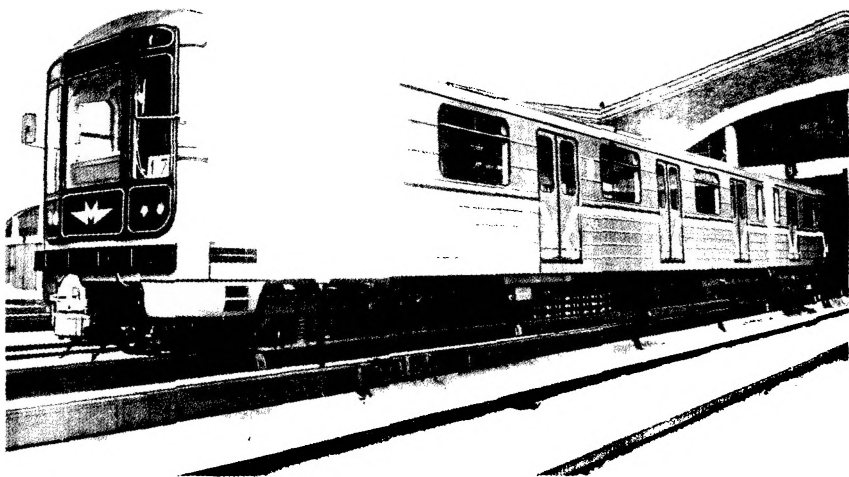


Рис. 15. Вагон  
внешний вид (слева);

Тяговый двигатель имеет мощность 110 кВт, что позволяет развивать скорость на прямых участках пути до 90 км/ч.

В настоящее время сконструированы и проходят испытания вагоны нового типа.

Таблица 1

Технические данные вагонов метрополитенов

Технические показатели	Тип вагона				
	А, Б	Г	Д	Е	81-717 (81-714)
Год выпуска	1934	1946	1956	1963	1977
Тара вагона, т	51,7	43,7	36,2	31,7	34/33,5
Длина, м	18,91	19,11	19,166	19,166	19,206
Ширина, м	2,7	2,7	2,7	2,7	2,67
Высота, м	3,7	3,7	3,695	3,695	3,65
Скорость, км/ч	65	75	75	90	90
Ускорение, м/с <sup>2</sup>	0,8	1,0	1,0	1,1	1,1
Замедление, м/с <sup>2</sup>	0,8	1,0	1,0	1,2	1,2
Тип тормоза	механический	электро-динамический	электро-динамический	электро-динамический	электро-динамический
Вместимость, чел., при плотности 10 чел/м <sup>2</sup>	264	264	264	264	270
Установленный срок службы, лет	50	50	50	35	35



типа 81-717:  
салон (справа)

Это современный вагон, в конструкции которого устранены недостатки предыдущих серий и реализованы новые технические решения по повышению надежности основных узлов, в частности, усовершенствована принудительная вентиляция салона, что повышает надежность воздухообмена, особенно при остановке поезда. Кроме того, предусмотрено тиристорно-импульсное регулирование скорости в режимах пуска и торможения с рекуперацией электрической энергии в сеть при торможении. Центральные стальные рессоры, через которые кузов опирается на раму тележки, заменены пневматическими с автоматическим регулированием их прогиба в зависимости от нагрузки. Кузов выполнен из высокопрочного алюминиевого сплава, что снизило массу конструкции до 30 т. Новая форма кузова позволила увеличить вместимость вагона. Максимальная скорость увеличена до 100 км/ч.

На линиях метрополитенов сейчас эксплуатируется свыше 5000 вагонов типа «Д», «Е» и 81-717. Учитывая, что за последние годы резко возросла интенсивность работы вагона и его населенность, увеличилось и число отказов, что характерно для Московского и Ленинградского метрополитенов. На других метрополитенах СССР и стран — членов СЭВ эти же вагоны работают с высокой степенью надежности.

Основные характеристики вагонов, эксплуатируемых на метрополитенах СССР, приведены в табл. 1.

Опытные вагоны метрополитена типа «И» имеют следующие основные показатели:

Конструкционная скорость . . . . .	100 км/ч
Среднее ускорение в режиме пуска при нагрузке 9 т и разгоне на горизонтальном участке пути до скорости 40 км/ч . . . . .	1,2 м/с <sup>2</sup>
Среднее замедление при электрическом торможении со скорости 100 км/ч . . . . .	1,0 м/с <sup>2</sup>
Среднее замедление при экстренном торможении	1,2 м/с <sup>2</sup>
Время разгона до скорости 80 км/ч . . . . .	40 с
Габариты:	
длина по торцовым стенкам . . . . .	18 839 мм
ширина . . . . .	2 820 мм
Масса головного вагона . . . . .	31 т
промежуточного . . . . .	30 т
электрооборудования . . . . .	5,6 т
Максимальная вместимость:	
головного вагона . . . . .	324 чел. (22,6 т)
промежуточного . . . . .	353 чел. (24,2 т)
Длина тормозного пути при торможении со скорости 90 км/ч:	
при команде АРС . . . . .	385 м
при электрическом торможении . . . . .	335 м
при экстренном пневматическом . . . . .	250 м
Напряжение питания тяговых двигателей . . . . .	725 В
Мощность тяговых двигателей . . . . .	(550 ÷ 975 В) 4 × 100 кВт

На вагоне применен двигатель типа ДК-117 с последовательным возбуждением. Регулирование напряжения и возбуждения двигателя осуществляется с помощью тиристорно-импульсного регулятора. Это позволяет улучшить пуско-тормозные характеристики за счет поддержания постоянного по величине тока двигателя. Главное преимущество такой системы заключается в возможности рекуперативного торможения. По данным завода «Динамо» возврат электроэнергии в контактную сеть будет составлять 5—12% от энергии, затраченной на тягу поездов.

На вагоне «И», установлен статический тиристорный преобразователь для питания цепей управления, подзарядки аккумуляторной батареи и люминесцентного освещения салона. Вагон приспособлен для работы совместно с системами поездной автоматики.

Кабина машиниста имеет по сравнению со старыми вагонами улучшенную планировку и оборудована кондиционером.



## ЗАРУБЕЖНЫЕ МЕТРОПОЛИТЕНЫ

### § 15. Общие сведения

В настоящее время метрополитены эксплуатируются почти в 100 городах более чем 30 стран мира. К наиболее крупным по протяженности и количеству станций относятся:

Нью-Йоркский . . . . .	392,2 км, 474 станции
Лондонский . . . . .	387,9 км, 247 станций
Парижский (вместе с экспрессными линиями) . . . . .	294,7 км, 423 станции
Токийский . . . . .	197 км, 192 станции

По годовому объему перевозок первое место среди зарубежных метрополитенов занимает Токийский, который перевозит более 2100 млн. человек ежегодно. Парижский перевозит более 1400 млн. человек, Нью-Йоркский более 1100 млн. человек, метрополитен Мехико более 1050 млн. пассажиров в год.

По максимальной пропускной способности зарубежные метрополитены характеризуются следующим образом:

Нью-Йоркский	40 пар поездов в час
Парижский . . . . .	38 » » »
Лондонский	34 » » »
Токийский	33 » » »

Техническая скорость на зарубежных метрополитенах сравнительно невысока. В метро Филадельфии она составляет 60 км/ч, Вашингтона — 56, Сан-Франциско — 53, на экспрессной линии Парижа — 48, в Хельсинки — 43 км/ч. Участковая скорость, т. е. средняя скорость хода по участку с учетом стоянок, еще ниже и колеблется в широком диапазоне.

Одним из главных направлений повышения производительности труда, безопасности и комфортабельности перевозок, экономии энергоресурсов является автоматизация всего перевозочного процесса. Разрабатываются и внедряются автоматические системы управления метрополитенами, осуществляющие весь комплекс мероприятий по эксплуатации метрополитена от автоматизации движения поездов (в некоторых случаях без локомотивных бригад) до уборки вестибюлей, станций и перегонов. Такие системы действуют, например, в Лилле (Франция), Ванкувере (Канада), Саппоро (Япония), Сан-Паулу (Бразилия) и на метрополитенах некоторых других городов.

Производительность труда на метрополитенах измеряется как отношение числа перевезенных пассажиров в сутки к числу работающих и колеблется в широких пределах. Например, на Мюнхенском метрополитене она составляет 503 пассажира на одного человека, а на метрополитене Сан-Франциско только 64. Производительность труда во многом зависит от протяженности метрополитена, поэтому наиболее распространенным и характеризующим показателем является число работников метрополитена, приходящихся на 1 км протяженности.

Для крупных метрополитенов мира этот показатель составляет:

Нью-Йоркский	72 чел./км
Лондонский	59 »
Парижский	45 »

Решающим условием, влияющим на доходность зарубежных метрополитенов, является комфортабельность перевозок, культура обслуживания пассажиров. Для этого станции оборудуются новейшей системой информации, которая основывается на применении символов, индексов, пиктограмм, световых табло. Широкое распространение получают билетные автоматы, принимающие бумажные деньги и дающие сдачу. В условиях постоянно растущих цен на проезд в метрополитенах эти автоматы весьма перспективны. Широко также внедряются на станциях движущиеся тротуары, преимущество которых является сокращение расходов на сооружение просторных пешеходных переходов, так как горизонтальные эскалаторы требуют меньших площадей. Устанавливаются также системы телевизионного контроля за вестибюлями, платформами, эскалаторами.

Значительно изменился за последнее время и подвижной состав. Вагоны, как правило, имеют принудительную вентиляцию. Кузова сооружаются из сверхпрочной коррозионностойкой стали или алюминиевых сплавов. Главная задача, которая решается при конструировании вагонов, это снижение расходов электроэнергии и повышение комфортабельности. Усиление условий пожаробезопасности осуществляется по двум направлениям: во-первых, за счет расширения применения негорючих и огнестойких материалов на подвижном составе и при оборудовании станций, во-вторых, путем оснащения подвижного состава средствами защиты от токов высокой частоты, которые могут привести к возгоранию вагона. Этим же целям служит оборудование станций и поездов автоматическими, централизованными системами противопожарной сигнализации, установка специальных датчиков, температурных детекторов и систем автоматического огнетушения.

Ниже рассмотрены некоторые вопросы технического оснащения и организации обслуживания пассажиров на наиболее крупных метрополитенах мира.

## § 16. Метрополитены Лондона и Ньюкасла (Великобритания)

**Лондонский метрополитен** — первая в мире подземная железная дорога, движение на которой было открыто 10 января 1863 г. Первую ее линию возводила компания Метрополитен (в переводе — Столичный). Название компании, как нельзя лучше подошло к наименованию нового вида коммунального транспорта.

В те времена железная дорога уже получила признание и осуществляла перевозки пассажиров и грузов во многих странах мира, поэтому предложение Лондонского адвоката Чарля Пирсона о сооружении подземной городской железной дороги нашло горячих сторонников. Идея была реализована в невиданно короткие по тем временам сроки — за неполные четыре года. Первая линия Педингтон — Федингтон-стрит протяженностью 6,5 км была задействована с применением паровой тяги, как самого совершенного вида тяги того времени.

Эксплуатация первых метрополитенов значительно осложнялась большой задымленностью, удаление дыма из тоннелей было одной из самых сложных проблем. Отдельные участки старались строить открытыми, а там, где это было невозможно, оборудовали в больших количествах вентиляционные люки.

Но, несмотря на эти неудобства, первый метрополитен показал огромные преимущества перед наземным транспортом и стал быстро развиваться. В дальнейшем к строительству метрополитена были привлечены новые компании, что привело к некоторой разнотипности сооружений и разобщенности линий. И только в 1933 г. вся сеть Лондонского метрополитена была передана специально созданной Дирекции городского транспорта. Это позволило стандартизировать типы устройств и сооружений, применять при строительстве единые нормативы.

Уже через 20 лет, к концу 1953 г. были проложены новые линии, которые соединили разобщенно работающие участки. В результате образовалось внутреннее кольцо вокруг деловых кварталов Лондонского Сити, получившее название Сёкл Лайн (кольцевая линия).

В течение 27 лет метрополитен эксплуатировался на паровой тяге и только 18 декабря 1890 г. подземная магистраль была переведена на электрическую тягу. Первая электрифицированная подземная магистраль соединила район Сити с Южно-Лондонской железной дорогой, чем было обеспечено надежное транспортное сообщение деловых кварталов центра с южной частью Лондона.

Строительство метрополитена осуществлялось в основном открытым способом. Первый участок, сооруженный закрытым способом ведения работ, был построен по проекту инженера Берлоу в 1870 г. Для проходки тоннеля здесь был применен буровой щит цилиндрической формы, с обделкой из чугунных тубингов, собранных на резьбовых соединениях. Тубинги получили свое

название от слова «тюб» (труба). Цилиндрическая форма туннелепроходческих щитов, созданных в те времена инженером Грейтхедом, и сегодня широко применяется в различных щитовых модификациях при проходке тоннелей глубокого заложения. В конце 40-х годов нашего столетия в строительстве метрополитена нашли также широкое применение железобетонные тубинги на болтовых соединениях. Надо отметить, что условия сооружения лондонского метрополитена способом глубокого заложения весьма благоприятны, так как грунт в основном глинистый, водонепроницаемый, не требующий производства больших гидроизоляционных работ.

Позже при строительстве радиуса «Виктория» протяженностью 25 км (одной из первых трасс глубокого заложения) применили шарнирно-кольцевую обделку тоннелей. Однако этот способ не нашел широкого применения из-за недостаточной устойчивости конструкции, поскольку ее надежность обеспечивалась только опорным воздействием грунта, охватывающего тоннель. Большая часть станций лондонского метрополитена построена с обделкой из чугунных тубингов. Они и сейчас широко применяются при сооружении тоннелей глубокого заложения на наиболее сложных участках, так как обладают высокой надежностью и создают прочную конструкцию.

При строительстве Лондонского метрополитена инженером Томсоном был сконструирован механический щит, который впервые был применен на линии Сенгорал. Позднее инженер Прайс разработал модернизированную конструкцию механического щита, который с некоторыми изменениями служит до настоящего времени. Скорость щитовой проходки с помощью механических щитов достигает 20—25 м в сутки.

#### Основные характеристики Лондонского метрополитена

Протяженность	387,9 км
Количество станций	247
Протяженность двухпутных линий	326,4 км
» четырехпутных »	30,4 км
» однопутных »	19,2 км
» трехпутных »	4,8 км
Среднесуточный пассажиропоток:	
в рабочие дни	около 2 млн. чел.
в выходные дни	около 1,5 млн. чел.
Годовые пассажироперевозки	570—600 млн. чел.
Средняя дальность поездки	около 8 км

Стоимость проезда, зависящая от дальности поездки, в 1985 г. составляла:

1 миля	10 пенсов
1,5 мили	15 пенсов
2 мили	20 пенсов
2,5 мили	25 пенсов и т. д.*

\* Следует отметить, что стоимость проезда постоянно растет и сейчас составляет 0,8 фунта стерлингов на расстояние 7 км.

Эксплуатационная скорость . . . . .	32,8 км/ч
Ширина колеи . . . . .	1435 мм
Инвентарный парк подвижного состава . . . . .	около 4300 единиц
в том числе прицепных вагонов . . . . .	1300—1380 единиц
Число депо . . . . .	12
Число вагонов в поезде:	
в часы пик . . . . .	3—8
во внепиковое время . . . . .	3—4
Численность обслуживающего персонала . . . . .	более 21 000 чел.
в том числе:	
машинистов . . . . .	около 4 000 чел.
работников службы движения . . . . .	около 7 900 чел.
Расстояние между станциями:	
максимальное . . . . .	6,2 км
минимальное . . . . .	0,26 км
среднее . . . . .	1,1 км
Средняя глубина заложений линий:	
глубоких . . . . .	24 м
мелких . . . . .	7,2 м
Самая глубокая станция «Хемпстед» . . . . .	57,6 м
Длина платформ станций . . . . .	107 м и 131 м
Число станций, оборудованных эскалаторами . . . . .	71
Число эскалаторов . . . . .	272
Число станций, имеющих лифты . . . . .	25
Число лифтов . . . . .	69
Число вентиляторов на станциях . . . . .	100
Число генераторных станций . . . . .	2
Число тяговых подстанций . . . . .	113
Номинальное напряжение . . . . .	600 В постоянного тока

Метрополитен работает с 5 часов утра до одного часа ночи. Техническое обслуживание производится за четыре ночных часа. В часы пик интервал поездов достигает 100—120 с. Для посадки пассажиров поезд стоит на станциях 20—25 с.

Токоосъем осуществляется, как правило, с третьего контактного рельса, установленного сбоку вдоль путей. В середине рельсового пути уложен еще один контактный рельс для обратного тока. Контактные рельсы токоосъема и обратного тока устанавливаются на фарфоровых изоляторах, что в значительной степени препятствует возникновению блуждающих токов, вызывающих коррозию металла и снижающих надежность работы устройств СЦБ и связи.

Путевые рельсы уложены на деревянных шпалах, одетых в бетонные рубашки.

Для доставки пассажиров к поездам и обратно используются лифты и эскалаторы.

Сейчас лифты сохранились на 25 станциях. Скорость их подъема 55 м/мин для обычных и 91,5 м/мин для скоростных лифтов. Высота подъема на этих станциях колеблется от 20 до 54 м. В кбинах может размещаться до 50 человек.

На станциях со значительным количеством пассажиров применяются эскалаторы. Первый из них вступил в строй в 1911 г. Скорость движения эскалаторов 0,5—0,75 м/с, ими оборудована 71 станция. Наибольшая вертикальная высота 24 м на станции Лейчестер.

Система кондиционирования воздуха и вентиляции устроена так, чтобы температура поддерживалась (в местах наибольшего скопления пассажиров) на уровне 23—25° С. Производительность вентиляторов 2400 м<sup>3</sup> воздуха в секунду. Однако при всех этих условиях комфорт не обеспечивается. Повышенная запыленность, недостаточная освещенность, засоренность вестибюлей и перронов не создают у пассажиров хорошего настроения при пользовании этим современным инженерным сооружением.

Лондонскому метрополитену присуще большое многообразие оборудования. Наряду с участками, где эксплуатируется устаревший подвижной состав и устаревшее оборудование, построены высокоавтоматизированные современные линии, на которых с высокими скоростями обращаются новые вагоны с тиристорным управлением, с асинхронными тяговыми двигателями, с новейшим электрооборудованием и тормозной системой. Таким современным оборудованием обеспечены, в частности, линии «Северная» и «Виктория».

Внедрение современных систем автоматического управления на этих линиях позволило значительно снизить число работающих и, следовательно, повысить производительность, которая здесь значительно выше, чем на других ранее построенных линиях.

Внедрение автоматических устройств осуществлялось на протяжении всей эксплуатации метрополитена поэтапно.

На первом этапе электронные устройства служили для информации дежурного персонала о движении поездов.

На втором этапе автоматизированные системы управления не только информировали о поездном положении, но и частично управляли движением поездов, освобождая диспетчера для решения более сложных задач.

На третьем этапе автоматизированные системы полностью взяли на себя управление перевозочным процессом. Дежурный персонал только контролирует ход работы и анализирует отклонения от графика движения. Автоматически осуществляется трогание поездов с места, разгон и замедление, остановка у станционных платформ, закрывание дверей. Машинист только следит за работой системы автоматического вождения поезда.

На платформах некоторых линий имеются кнопки экстренной остановки поезда, которыми подается предупредительный сигнал машинисту с требованием остановки. Однако случаи использования этих кнопок пассажирами для остановки состава крайне редки.

Управление движением поездов линий «Виктория» и «Северная» осуществляется из центрального диспетчерского пункта. Диспетчерский центр оборудован световым табло, где отражается поездная обстановка, дисплеем, к которому подключены станционные телевизионные камеры. Информационная система позволяет диспетчеру полностью контролировать обстановку на участке и поддерживать связь по радио с машинистами поездов и дежурным персоналом на станциях. Энергоснабжение участка осуще-

ствляется с помощью телеуправления, что значительно сокращает время на производство оперативных переключений.

Информация пассажиров ведется на трех языках, для чего применяется дисплейная система на микропроцессорах, которая заменила индикаторную систему.

Продажа и проверка билетов при входе производится также автоматически, для чего установлены автоматы второго поколения для продажи билетов и автоматические контрольные пункты. Внедрена также система автоматизации учета денежных сборов, которая тесно взаимодействует с аналогичными системами других видов городского транспорта и железными дорогами.

На Лондонском метрополитене эксплуатируется несколько типов вагонов, в том числе много вагонов постройки 1938 и 1959 гг. В последнее время на линии поступают новые вагоны, созданные в 1983 г., которые являются модернизированным типом вагонов 1973 г. В вагоны этого типа внесены значительные изменения в конструкцию кабины машиниста: установлены более удобное, регулируемое кресло, стеклянные витражи из бронированного стекла, рукоятка контроллера перенесена на правую сторону, что создает дополнительные удобства.

Значительной модернизации подверглась тормозная система, гидравлический ручной тормоз заменен пружинным. В рукоятку контроллера вмонтирована кнопка безопасности.

Значительно изменен и салон вагона. За счет небольшого перемещения торцовых дверей, уменьшения ширины центральных дверных проемов до 1067 мм удалось увеличить вместимость вагона на 4 места.

Для освещения вагонов использованы люминесцентные лампы, имеющие специальное покрытие, увеличивающее освещенность, использованы также линзы, не дающие отблеска, осветительная аппаратура малогабаритна. Вентиляция — принудительная с термостатическим регулированием температуры.

Электротехническое оборудование вагонов обладает высокой степенью надежности, схемы просты, электронные устройства значительно облегчили управление тяговым и тормозным оборудованием.

На вагоне впервые установлены системы диагностики неисправностей электронных устройств, работающие с применением микропроцессоров. Эти системы имеют запоминающие устройства. Установлены генераторы переменного тока с частотой 850 Гц на нужды освещения и напряжением 50 В для зарядки батарей.

Телемеханизация устройств энергоснабжения Лондонского метрополитена началась 20 лет тому назад. Было создано восемь диспетчерских центров. В 1979 г. на главной линии была применена модернизированная система управления, в управляющем центре было установлено две ЭВМ и телемеханические устройства для тяговых подстанций, а также алфавитно-цифровые дисплеи.

Конструкция верхнего строения пути имеет также свои особенности, так как 475 км линий метрополитена расположены на открытых участках, 83 км в тоннелях мелкого заложения и 260 км в тоннелях круглого сечения. На многих участках пути лежат двухголовые рельсы, которые через литые подкладки опираются на деревянные шпалы из мягкопородной древесины или на шпалы из твердых пород дерева, уложенных в бетонные основания. Срок службы шпал из мягких пород 25 лет на открытых и 40 лет на тоннельных участках; для шпал из твердых пород — 50 лет.

Путевые работы при наличии двухголовых рельсов осуществляются со значительным применением ручного труда, однако в последнее время разрабатываются новые конструкции пути, позволяющие в большей степени применять механизацию путевых работ. В тоннелях глубокого и мелкого заложения путевые работы осуществляются в «окна» протяженностью 3—4 ч. В конце недели устраиваются значительно большие перерывы в движении. В настоящее время на открытых участках планируют укладывать путь на щебеночном балласте с рельсами 56 кг/м на железобетонных шпалах с предварительно напряженным бетоном. Переход на этот тип пути запланировано начать в 1987 г. и закончить в течение 25—30 лет. В круглых тоннелях в настоящее время преимущественно укладываются шпалы с резиновыми концевыми башмаками, что резко снижает шум и вибрацию. Такой участок сейчас эксплуатируется на линии Торнпайк Лэйн и показывает обнадеживающие результаты. Рельсовые скрепления в этом случае применяются такой конструкции, которая облегчает смену рельсов и выправку пути на 9—15 мм.

На старых участках путь уложен на деревянных шпалах с щебеночным балластом. Содержится он с большими отступлениями от норм, в результате возникает необходимость значительного снижения скорости. Реконструкция пути весьма затруднена, так как требует закрытия движения на длительное время. Стрелочные переводы с двухголовыми рельсами имеют большое количество литых деталей, что значительно снижает надежность конструкции и усложняет ремонт, поэтому предусмотрена установка пути на рельсах с плоской подошвой, уложенных на обычные шпалы или полушпалки. Такую реконструкцию рассчитывают осуществить в течение 50 лет.

**Метрополитен Ньюкасла** представляет собой одну линию с ответвлениями, общая длина которой 53,8 км (из них 41 км — старые реконструированные линии Британских железных дорог). Новые линии, построенные по нормам метрополитена, имеют протяженность 12,8 км и лишь некоторая их часть проходит под землей.

Управление всего метрополитена осуществляется из Центрального диспетчерского пункта, на котором оборудовано табло с указанием путевого развития и схемы сигналов. Номера поездов, следующих по участку, высвечиваются на табло. Движение поез-



дов осуществляется с помощью автоведения, однако по команде диспетчера оно может быть переведено на другой способ управления. Диспетчер имеет возможность связаться по радиосвязи с машинистом и при необходимости передать информацию пассажирам. Его пункт оборудован специальными пультами с телевизорами, тем самым создается возможность постоянного контроля поездной работы и положения на станциях и перегонах. Диспетчер контролирует также работу различного оборудования, автоматов по продаже билетов, освещение тоннелей и станций, работу эскалаторов и автоматических пропускных пунктов и т. д.

Из 41 станции 24 являются новыми, а 17 — бывшими станциями пригородных линий. Внешний вид станций пригородных линий заметно отличается от метрополитеновских. Семь центральных подземных станций оборудованы эскалаторами и лифтами для инвалидов.

Почти все станции имеют боковые платформы длиной 65 м и только на подземных станциях длина платформ составляет 95 м с расчетом на перспективное увеличение пассажиропотока.

Станционные вестибюли отделаны с учетом современных требований к отделке метрополитена (яркая окраска, пластинчатые, остекленные панели, полы выложены из бетонных плит с мраморной крошкой и пр.). Контрольно-пропускные пункты оборудованы автоматами для продажи билетов и возвратом сдачи, турникетами, которые пропускают пассажира при наличии у него магнитного билета.

Дежурного персонала на станциях нет, поэтому там, где поезда следуют по разным направлениям, платформы оборудованы специальными табло с автоматическим указанием маршрутов следования поездов. Кроме того, перроны оборудованы аварийными кнопками и в случае опасности пассажир включает сигнал (мигающий белый огонь), предупреждающий машиниста об опасности. На станциях установлены дополнительные телеэкраны, дающие машинисту возможность контролировать ситуацию на платформах. При необходимости пассажир может получить нужную ему справку у диспетчера, нажав специальную переговорную пробку.

Интервал между поездами в часы пик — 10 мин, участковая скорость — 45 км/ч.

## § 17. Метрополитены США

**Метрополитен Нью-Йорка.** Нью-Йорк один из крупнейших городов мира, финансовая, торговая и транспортная столица США. В городе сосредоточена значительная часть обрабатывающих, машиностроительных, электротехнических предприятий.

Основанный в начале XVII века голландскими переселенцами, уже в конце XVIII века Нью-Йорк стал самым большим городом Северной Америки.

Население города превышает 8 млн. человек в его муниципальных границах, а если прибавить фактически слившийся с ним район Нью-Джерси и Юго-Запад Коннектикута, то население Большого Нью-Йорка превысит 18 млн. человек.

Значительная роль в решении проблем внутригородских перевозок принадлежит метрополитену. Город имеет пять самостоятельных районов: Манхеттен, Бруклин, Куинс, Ричмонд и Бронкс. Центр находится на острове Манхеттен, где сосредоточены конторы, банки, биржи, тресты, правления многих компаний и куда направляется основной пассажиропоток.

По протяженности и количеству станций Нью-Йоркский метрополитен занимает ведущее место в мире. В его составе 27 линий протяженностью 369,8 км и 461 станция, принадлежащая компании НИКТА. Значительный объем перевозок осуществляется по участкам компании ПАТХ протяженностью 22,4 км с тринадцатью станциями, которые построены в более поздний период.

Строительство метрополитена в Нью-Йорке началось в 1868 г. Сейчас это третий метрополитен мира по объему перевозок в капиталистических странах с достаточно высокой, до 40 пар поездов в час, пропускной способностью. Он работает круглосуточно и на его долю приходится около 3/4 пассажиров, перевозимых всеми метрополитенами США.

Однако, несмотря на значительный объем перевозок, средств на содержание и реконструкцию магистралей выделялось мало, в результате чего Нью-Йоркский метрополитен оказался в запущенном состоянии. График движения поездов не соблюдается, состояние станций и вагонов неудовлетворительное, освещение тусклое, станции и перегоны захламлены. Кроме того, пользоваться подземкой, особенно в ночное время, небезопасно. Предполагается, что только по этой причине перевозки за последние годы сократились на 20%. Вагонный парк насчитывает около 30 различных типов подвижного состава. Вызвано это тем, что ранее метрополитен эксплуатировался большим количеством компаний, не связанных друг с другом, причем каждая компания стремилась выпускать или заказывать свои вагоны. Всего сейчас более 6200 вагонов, из них только около 1400 вагонов обладают повышенной комфортабельностью, кондиционированием воздуха, принудительной вентиляцией и др. Значительная часть вагонов простаивает из-за непригодности к эксплуатации: отсутствует освещение, стены оклеены рекламными проспектами и разрисованы, двери неисправны, окна разбиты. Такое состояние вагонов — это прежде всего результат вандализма, который стал бичом многих метрополитенов мира. В Нью-Йорке для охраны вагонов используют даже сторожевых собак, но это далеко не всегда помогает.

За последние годы заметно ухудшилось состояние пути, возросло число аварий и остановок по причине его неисправности. Нарушение графика движения стало систематическим. Например, в июле 1984 г. более 35% поездов прибывали на конечные стан-

ции с опозданием более 4 мин. Участились перерывы в движении до 20—30 мин, возросло число сходов подвижного состава с рельсов, что вызывает более длительные перерывы. Зарегистрированы сходы подвижного состава с рельсов из-за падения на путь деталей вагонов. Главная причина неудовлетворительного состояния пути — отставание сроков выполнения планово-предупредительных ремонтов от установленных нормативов. Ежегодно ремонтируется лишь 60% пути, требующего ремонта. В результате на линиях имеется более 500 постоянных предупреждений об ограничении скорости.

#### Технические характеристики Нью-Йоркского метрополитена

	линии НИКТА линия ПАТХ	
Год пуска в эксплуатацию . . . . .	1868	1908
Протяженность, км . . . . .	369,8	22,4
Число линий . . . . .	27	1
Число станций . . . . .	461	13
Среднее расстояние между станциями, м	850	2115
Ширина колеи, мм . . . . .	1435	1435
Число перевозимых пассажиров в год, млн. чел. . . . .	около 1000	около 50
Число метровагонов . . . . .	6295	290
Напряжение контактной сети, В . . . . .	600	650
Стоимость одной поездки в долларах . . . . .	0,75	0,50
Минимальный интервал между поездами, с	120	90
Участковая скорость, км/ч . . . . .	35/30	34,5
Число вагонов в составе . . . . .	10	7

Метрополитен обслуживает общую площадь, равную 770 км<sup>2</sup>. Густота его сети — 0,5 км/км<sup>2</sup>. Первый тоннельный участок построен в 1904 г. Большинство линий двухпутные, но есть немало трехпутных и даже четырехпутных участков. На линии Лонг-Айленд тоннель выполнен в два этажа, один из которых используется для поездов метрополитена, другой — как железнодорожный. Перроны расположены сбоку от путей. На четырехпутных линиях перроны — островные, к ним ведут подземные переходы. На глубокие станции можно спуститься с помощью эскалаторов или лифтов. Основной способ обеспечения безопасности движения поездов — путевая автоматическая блокировка, начато внедрение автосигнализации.

Средняя дальность поездки — около 8 км. На большинстве линий движение зонное. Часть поездов (экспресс-поезда) останавливаются не на всех станциях. До места назначения пассажиры после пересадки на опорных станциях следуют местными поездами.

В 1981—1985 гг. реконструирована часть линий, эксплуатируемых компанией НИКТА. Приобретено более 1800 новых современных вагонов, перестроены десятки станций, усовершенствована система энергоснабжения.

Метрополитен второй компании ПАТХ связывает Нью-Йорк с Нью-Джерси. Это современная линия, по которой осуществляется около 70% пассажирских перевозок между этими городами.

Продление этой линии до центра Манхэттена находится под 111-этажным двухбашенным зданием торгового центра.

За последние 50 лет перевозки на метрополитене сократились почти вдвое. Это объясняется ростом числа легковых автомобилей, увеличением стоимости проезда и ухудшением условий безопасности в метрополитене, несмотря на наличие в нем более чем пятидесяти тысяч полицейских.

На метрополитене очень хорошо поставлена информация. Здесь не только можно получить данные о маршрутах движения поездов и работе станций, но на схемах-картах и указателях найти подробные сведения о микрорайонах, в которых расположена станция. Указателями направления к станциям служат наименования улиц, на пересечении которых они расположены и названия которых можно прочитать у входов на станции и на перронах.

**Метрополитен Балтимора.** Его первый участок длиной 12,9 км с девятью станциями был открыт 21 ноября 1983 г.

Город Балтимор с его пригородами насчитывает 1,8 млн. жителей. Особенностью города является то, что он расположен на берегу бухты на полуострове, далеко выходящем в море, и является крупнейшим портом США и важным индустриальным и культурным центром.

Трасса первой линии проходит от центра города в северо-западном направлении и охватывает районы с наиболее интенсивной жилой застройкой. От конечной станции Шарль-Центр линия длиной 7,2 км с шестью станциями идет под землей до станции Мондолин, затем 4 км по путепроводу и еще 1,7 км по поверхности земли.

Заканчивается строительство новой линии в северном направлении длиной 9,6 км с тремя станциями. Участки этой линии, которую намечено сдать в эксплуатацию в 1988 г., будут полностью наземными. Кроме того, планируется строительство подземного участка длиной 2,4 км, который свяжет центр с крупнейшим медицинско-спортивным комплексом.

Проходка тоннеля производилась щитовым методом, кроме тех участков в скальных породах, где требовались более сложные взрывные работы. Шесть подземных станций сооружались закрытым способом, так как каждая из них расположена не менее чем в двух уровнях. Две станции, где планируется строительство пересадочных узлов, расположены в трех уровнях. Самая глубокая станция Пеин-порт расположена на глубине 36,5 м. Девять станций имеют платформы длиной 137 м. Станции просторные, имеют свою, присущую только им, индивидуальную архитектурную трактовку, украшены мозаикой и настенными росписями.

Укладка пути в тоннелях осуществлялась на бетонных плитах с применением резиновых прокладок для снижения шума и достижения большей плавности хода. На наземных участках рельсы уложены на бетонных двухблочных шпалах, которые, в свою

очередь, забетонированы в путевые бетонные блоки. Минимальный радиус кривых — 225 м, максимальный уклон — 30‰.

Токоосъем осуществляется с третьего рельса, который для лучшей проводимости покрыт алюминиевой краской. Напряжение в контактном рельсе 700 В постоянного тока. Управление энерго-снабжением осуществляется из единого диспетчерского центра.

Ведение поездов производится автоматически, однако за машинистом оставлены функции по информации о следовании поезда, открыванию и закрыванию дверей, отправлению поезда со станции и некоторые другие.

Система автоматического управления движением поездов, работающая на микропроцессорах, осуществляет ведение поезда по перегонам, регулирует скорость и обеспечивает остановку на станции в заданном месте.

Управление движением осуществляется из единого центра, имеющего постоянную радиосвязь с машинистами поездов, телефонную со всеми пунктами жизнедеятельности метрополитена и телевизионную связь со станциями.

Поезда формируются из шести вагонов по принципу двухвагонных секций. Длина вагона — 22,9 м, ширина — 3,1 м, вместимость — 170 мест, в том числе 77 мест для сидения. Кузов вагона — безрамный, выполнен из гофрированной нержавеющей стали. На каждой стороне вагона имеется по 3 раздвижных двери с шириной проема 1,27 м. Передние и боковые окна выполнены из окрашенного безосколочного стекла. Вагоны оборудованы кондиционерами и системой принудительной вентиляции. Моторные вагоны имеют по 4 тяговых двигателя мощностью 130 кВт, имеющих тиристорное управление и возможность рекуперации. Максимальная скорость 110 км/ч.

Метрополитен работает с 5 часов утра до 20 часов вечера. Интервал между поездами 8—10 мин. Участковая скорость около 50 км/ч. Оплата за проезд, как и в автобусе, зонная, 75 центов до пересадки и 15 центов за пересадку. Станции оборудованы разменными аппаратами по продаже билетов, турникетами для автоматического прохода с магнитным считыванием. На них имеются эскалаторы и лифты (для инвалидов).

**Новые линии метрополитенов.** В Атланте в 1984 г. открыты для эксплуатации два новых наземных участка метрополитена север — юг общей длиной 14,5 км, в результате чего суммарная протяженность двух линий в городе достигла 30,2 км.

Запланированы работы по дальнейшему продлению линии в обе стороны. Начало ее эксплуатации на всей проектной протяженности намечено на 1988 г.

Завершено строительство первой линии метрополитена в г. Буффало длиной 10,3 км, на которой сооружено 14 станций.

В Чикаго летом 1984 г. сдана в эксплуатацию последняя (четвертая) станция нового участка метрополитена длиной 12,7 км, остальные станции которого эксплуатируются с 1983 г.

Новый участок соединил центр города с международным аэропортом О'Хэйр. Ведутся работы по реконструкции эстакадной кольцевой линии длиной 3 км, построенной в 1897 г. В ближайшее время должно начаться строительство перегона длиной 1,2 км между станциями Рузвельт и Сермак-Чайнатаун двух соседних радиусов, что даст возможность более равномерно распределить между ними движение поездов. Ввод в эксплуатацию этого перегона запланирован на 1987 г. Запроектирована также новая линия метрополитена с восемью станциями, соединяющая центр с аэропортом Мидуэй. Линия пройдет по эстакадам, имеющейся железнодорожной насыпи и короткому подземному участку. Строительство намечено закончить к 1988 г.

В Детройте строится кольцевая эстакадная линия метрополитена длиной 4,8 км, предназначенная для полностью автоматизированного движения поездов. Разрабатываются проекты двух пассажирских пригородных линий на облегченных рельсах: линии Вудорд с пуском в 1990 г. и первой очереди линии Грешно с пуском в 1991 г.

Линии будут иметь общую пересадочную станцию в центре города, а также пересадочные узлы на кольцевую линию. Интервал движения в часы пик на них будет равен 3—10 мин.

В Питтсбурге ведется переоборудование старой трамвайной линии в линию метрополитена и строительство нового участка в центре с тремя подземными станциями. Всего на линии строится 12 новых станций, ее общая длина составит 17 км.

В Портленде строится первая линия метрополитена длиной 25 км с 25 станциями, соединяющая деловой центр города с восточными пригородами и проходящая параллельно главным автодорожным и железнодорожным артериям этого направления. Линия к 1990 г. по прогнозам будет перевозить 20 тыс. человек в сутки. Начаты изыскания на трассе западного радиуса линии длиной 19,3 км.

В Сан-Диего в мае 1984 г. начато строительство первой очереди восточного радиуса метрополитена, а в 1985 г. должно было начаться сооружение его второй очереди. Длина линии — 25,7 км с 12 станциями. По прогнозам в 1995 г. линия будет перевозить ежедневно около 26 тыс. человек. На перспективу запланировано строительство еще трех линий метрополитена.

В Сан-Франциско в строительстве находится ряд вспомогательных объектов метрополитена: однопутный тоннель ответвления длиной 2,4 км, предназначенный для вывода неисправных поездов, а также разворотная петля с запасными путями.

Начато строительство первой подземной линии метрополитена в Лос-Анжелесе длиной 29 км с 17 станциями (в перспективе на линии предусмотрено сооружение еще одной станции). Начало эксплуатации намечено на 1990 г. Эта линия является первой очередью сети метрополитена, предусмотренной генеральным планом. Токоснабжение поездов будет производиться через третий

рельс постоянным током при напряжении 750 В. Движение поездов будет полностью автоматизировано. Максимальная скорость движения составит 110 км/ч, поездка на маршруте займет 35 мин. Интервал в часы пик предусмотрен равным 3,5 мин. По прогнозам уже в первый год эксплуатации линия будет перевозить около 300 тыс. человек за рабочий день.

В Вашингтоне приняты в эксплуатацию два новых участка Красной линии метрополитена общей длиной 22,4 км, после чего протяженность линий метрополитена достигла 97,3 км. Продолжаются работы на четырех участках общей длиной 21 км, строительство которых будет завершено к 1991 г. Кроме того, на завершающей стадии находится проектирование еще ряда участков общей длиной 28,8 км. В Италии закуплены новые метровагоны, которые по внешнему виду схожи со старыми, но имеют до 40 усовершенствований, что будет в значительной мере способствовать повышению пропускной способности линий метрополитена.

## § 18. Метрополитены Торонто и Монреаля (Канада)

**Метрополитен Торонто.** Население канадского города Торонто составляет более 2,1 млн. человек. Первый канадский метрополитен был сдан в эксплуатацию именно в Торонто в 1954 г. Сейчас две его двухпутные линии имеют протяженность 56,9 км с 61 станцией.

Особенностями транспортной сети города, являющегося крупнейшим промышленным городом страны, являются:

перпендикулярное расположение линий, которые пересекаются в центре города;

тесное взаимодействие метрополитена с наземным транспортом, маршруты которого замыкаются на станциях метро, являющихся, в свою очередь, пересадочными.

Линии в основном проходят в открытых и закрытых выемках и лишь небольшая их часть в тоннелях. Максимальная пропускная способность — 30 пар поездов в час, в состав которых входит от четырех до восьми вагонов.

Вместимость вагона — около 300 чел., в том числе 76 мест для сидения, максимальная скорость — 90 км/ч. Энергоснабжение обеспечивается на постоянном токе посредством контактного рельса под напряжением 600 В. Наибольший уклон тоннелей — 34‰. В качестве ходовых использованы рельсы типа 50 кг/м.

Архитектурный облик станций, среднее расстояние между которыми 700—800 м, прост и лаконичен. Большая часть станций построена по типовым схемам, заложенные в них объемно-планировочные решения весьма экономичны, поскольку рассчитаны на пропуск максимальных пассажиропотоков при минимальных строительных затратах (с обеспечением требуемых норм комфорта для пассажиров и обслуживающего персонала).

Для облицовки стен и колонн применяются: глазурированная плитка, керамика, панели из стекла и профилированная нержавеющая сталь.

На станциях с боковыми и островными платформами потолки окрашены эмульсионными красками, а в средних залах применены подвесные потолки из звукопоглощающего материала.

На станциях, сооруженных закрытым способом, для отделки стен и пилонов применены тонкие панели из нержавеющей стали, иногда покрытые эмалью.

Полы на станциях и в вестибюлях мозаичные, края станционных платформ и лестничных ступеней отделаны шероховатой полосой из специального материала, что повышает безопасность пассажиров.

Перечисленные отделочные материалы долговечны, дешевы и прекрасно зарекомендовали себя в эксплуатации. Гладкие поверхности облицовки гигиеничны и хорошо моются, а отсутствие сложных профилей упрощает их обслуживание.

Для освещения станций и вестибюлей применены люминесцентные лампы. Пыленепроницаемые светильники над посадочными платформами станций и вестибюлей выполнены в виде непрерывных полос, прикрепленных к потолку, или в виде отдельных светильников, встроенных в подшивной потолок.

На линии Блур-Данформ сооружено 19 станций. Они выполнены двухэтажными и оборудованы не боковыми, а островными платформами, длина которых 150 м. Только одна из всех станций линии наземная, остальные — подземные.

Под станцией Киил расположены поворотные петли трамвайных путей и автобусных линий. Другой особенностью этой станции являются движущиеся тротуары, по которым пассажиры доставляются на платформу.

Движущийся тротуар оборудован лентой конвейера шириной 1220 мм, длиной 30 м. Скорость движущегося тротуара приблизительно 27,5 м/мин, провозная способность 7200 пассажиров в час.

Все станции метро оборудованы эскалаторами. Контроль входа на станции осуществляется автоматическими контрольными пунктами, работающими от билетов с магнитной закодированной пленкой. В вестибюлях станций установлены денежные автоматы и автоматы для приобретения проездных билетов.

В течение всего времени работы метрополитена входы на станции находятся под постоянным наблюдением телевизионных камер.

При входах на станции установлены громкоговорители для передачи информации пассажирам, находящимся в вестибюле.

В тоннелях, на деповских путях и других участках применен бесшпальный путь, за исключением стрелочных переводов, уложенных на деревянные брусья и щебеночный балласт. На открытых участках трассы, где основанием пути служит земляное



полотно, рельсы уложены на деревянные шпалы и балласт. Упругость пути достигается за счет применения резиновых прокладок толщиной 12,7 мм.

Смазка рельсов на кривых производится автоматически рельсосмазывателями, установленными в начале закруглений пути. Реборды колес проходящих поездов смазываются с обеих сторон, поэтому смазка переносится как на ходовой рельс, так и на контррельс.

Управление метрополитеном осуществляется из центрального диспетчерского пункта, который оборудован световым табло и пультом управления. На табло отражаются поездное положение на линиях, маршрут каждого поезда, положение стрелок, показания сигналов и другая информация, необходимая для оперативного контроля и управления движением поездов. Центральный диспетчерский пункт имеет двухстороннюю связь со всеми блокпостами и поездами, находящимися на линии.

Вентиляция тоннелей метрополитена осуществляется по продольной схеме. Проветривание во внепиковые часы происходит естественным путем за счет поршневого эффекта. Приток и выброс воздуха происходят через вентиляционные шахты, расположенные через каждые 140—180 м по длине перегона.

Вентиляционные шахты, находящиеся в середине перегона, оборудованы вентиляторами, что позволяет усилить проветривание в периоды повышения тепловой нагрузки (например, в часы пик). Станции имеют обособленную систему вентиляции, проветривание осуществляется по продольной схеме.

Для отопления вагонов в холодное время применяются электрические обогреватели, расположенные под полом вагона. В системе отопления предусмотрен трехступенчатый терморегулятор. Кроме того, для отопления вагонов используется тепло от тяговых двигателей и тормозных устройств.

**Метрополитен Монреаля.** Первые участки метрополитена в Монреале, население которого составляет более 2,7 млн. человек, были сданы в эксплуатацию в 1966 г.

В настоящее время сеть действующих трех линий имеет протяженность 46,7 км с 51 станцией, расстояние между которыми 850—1100 м.

Вагоны парижского типа на резиновых шинах имеют алюминиевый кузов и рассчитаны на 140 пассажиров.

Скорость движения по перегонам — около 45 км/ч, интервалы между поездами в часы пик составляют 180 с, в остальное время — до 6 мин, стоянка на станциях — 15 с. Станции оборудованы эскалаторами, несмотря на то, что линии мелкого заложения. Скорость движения эскалаторов невелика и составляет 0,6 м/с. На перронах установлены движущиеся тротуары, работающие со скоростью 0,72 м/с.

Станции расположены удобно по отношению к наземному транспорту и пассажирообразующим пунктам, отделаны глазури-

ванной плиткой с учетом современных эстетических требований. Существенный недостаток метрополитена — слабая вентиляция (естественная), несмотря на жаркое лето и высокую влажность. Станции содержатся в достаточно чистом состоянии, прежде всего, благодаря применению для уборки вагонов-пылесосов. Уборочный поезд состоит из трех вагонов и очищает от пыли 26 км тоннеля в месяц, собирая при этом до 500 кг пыли.

В целом монреальский метрополитен представляет собой достаточно совершенное сооружение. Однако подвижной состав, по мнению специалистов, неоправданно усложнен из-за применения резиновых шин, поскольку даваемый ими эффект по снижению уровня шума по сравнению с традиционными решениями невелик.

### § 19. Метрополитен Мехико (Мексика)

Население мексиканской столицы превышает 10 млн. человек и постоянно растет. Плотность составляет 18 тыс. жителей на 1 км<sup>2</sup>. Главным городским видом транспорта является метрополитен, сеть которого в настоящее время имеет протяженность около 112 км со 105 станциями. На 10 станциях расположены пересадочные узлы. По количеству перевозимых пассажиров он находится в числе 10 крупнейших метрополитенов мира, им ежегодно пользуются более 900 млн. пассажиров. В сутки метрополитеном перевозится от 2,8 до 3,1 млн. человек.

В одном направлении в течение часа может быть максимально перевезено 51,4 тыс. человек.

Минимальный интервал между поездами — 115 с, участковая скорость — 30 км/ч. В часы пик на линии курсируют до 140 поездов.

Подвижной состав метрополитена спроектирован французскими инженерами. Поезд состоит из трех секций, в каждой из которых 3 вагона, в том числе 2 моторных. Концевые вагоны имеют кабины машинистов. Поезда оборудованы системой автоведения.

Характеристики подвижного состава:

Общая длина поезда . . . . .	148 м
Длина моторного вагона с кабиной . . . . .	17,2 м
» » » без кабины . . . . .	16,2 м
» прицепного » . . . . .	16,2 м
Ширина вагона . . . . .	2,5 м
Масса поезда из 9 вагонов . . . . .	207,2 т
Вместимость вагона . . . . .	170 пассажиров
Мест для сидения в вагоне . . . . .	40

На метрополитене эксплуатируется около 900 вагонов с тележками на пневматических шинах.

Вождение поездов производится одним машинистом без помощника. Токосъем осуществляется с третьего рельса, находящегося под напряжением 750 В постоянного тока.

Основное оборудование вагонов, в том числе средства управления двигателями и тормозами, поставляется из Франции. Перегоны оборудованы автоблокировкой. Управление осуществляется из центрального поста. В одном из помещений поста установлены аппаратура и световое табло для управления первыми шестью линиями. Диспетчер может, используя связь с машинистами, регулировать интервалы движения, обеспечивать работу энергетического оборудования, контролировать работу автоблокировки.

Управление работой остальных трех линий осуществляется из второго диспетчерского зала.

На метрополитене действует система автоматического ведения поездов и система авторегулирования скорости их движения.

## § 20. Метрополитены Токио и Саппоро (Япония)

**Токийский метрополитен.** Столица Японии Токио — самый крупный город мира. Вместе с Йокогамой и пригородами население города составляет около 30 млн. человек. Метрополитен Токио перевозит большое количество пассажиров, которые предпочитают собственному транспорту общественный, поскольку он доставляет их на работу или с работы значительно быстрее. По годовому объему перевозок Токийский метрополитен уступает только Московскому метрополитену, перевозя ежегодно более 2,1 млрд. пассажиров.

Эксплуатация метрополитена осуществляется двумя компаниями: Управлением пассажирского транспорта и Транспортным бюро.

### Технические характеристики Токийского метрополитена

Компани	Управление пассажирского транспорта	Транспортное бюро
Год пуска . . . . .	1927	1960
Протяженность, км . . . . .	142,7	54,9
Число линий . . . . .	7	3
Число станций . . . . .	132	60
Среднее расстояние между станциями, м	1100	963
Колея, мм . . . . .	1435	1067
Число пассажиров в год, млн. . . . .	1700	400
Инвентарный парк вагонов . . . . .	1925	440
Напряжение контактной сети, В . . . . .	600/1500	1500
Стоимость проезда, иены . . . . .	100	120
Минимальный интервал между поездами, с	110	150
Участковая скорость, км/ч . . . . .	25/45	32
Число вагонов в составе . . . . .	10	6

По сравнению со многими другими метрополитенами Токийский был построен значительно позднее. В нем поначалу не было очень острой необходимости, так как город был покрыт густой сетью электрифицированных еще в начале XX века железных дорог. Пригородные поезда, хотя и с большим напряжением, но справлялись с перевозками пассажиров. Но уже в первые десятилетия двадцатого столетия потребность в строительстве метрополитена стала очевидной. Лишь сильное землетрясение (в 1923 г.) помешало его строительству.

Первую линию длиной 2,2 км начали строить в 1925 г. по инициативе инженера Тохуйи Харакарона и уже 30 декабря 1927 г. на ней было открыто движение поездов. Строительство велось открытым способом с использованием опыта американских метростроителей, в очень сложных гидрогеологических условиях. Здесь чередовались песок, глина, скальный грунт, ил и даже слои вулканического пепла, поэтому строительство велось сравнительно медленно.

В отдельных случаях проходка производилась и закрытым способом с помощью проходческих щитов. Облицовка межстанционных и станционных тоннелей осуществлялась чугунными или железобетонными тубингами. Станции строились в тоннелях круглого сечения диаметром 7,24 м. Из-за сложности строительства к 1939 г. было построено только 15,5 км линий. Активно начали строить метрополитен только после второй мировой войны.

Около 85% линий метрополитена проходят в тоннелях и лишь 15% на эстакадах или по поверхности. Это объясняется, прежде всего, дороговизной земли, стоимость которой из года в год возрастает и сейчас превышает 8 млн. иен (около 25 тыс. рублей) за квадратный метр.

Железные дороги Японии вначале имели колею 1067 мм, позднее стали строить дороги с колеей 1435 мм. Это отразилось на колее линий метрополитена, которая для различных линий неодинакова. Положительным фактором является однотипность вагонов для всех линий как железнодорожных, так и метрополитеновских, что позволяет организовать беспересадочное следование пассажиров по всем участкам общественного транспорта.

Однако разнообразие технических характеристик железнодорожного пути, систем энергоснабжения создает значительные трудности по комплексному использованию линий. На метрополитене применяется как европейская колея 1435, так и японская 1067 мм. Имеется две системы энергоснабжения напряжением 600 и 1500 В. Токосъем осуществляется либо с помощью третьего (контактного) рельса, либо троллейным способом.

По линиям метрополитена нередко курсируют поезда государственных и частных железных дорог, а поезда метрополитенов часто можно встретить на участках пригородного движения. Пригородные поезда доставляют пассажиров без пересадки с

окраин в центр города, что позволяет **сократить** время в пути и уменьшить автомобильное движение.

**Пример.** На линии Асакуса используется троллейный токоcъем, напряжение питания 1500 В и рельсовая колея 1435 мм. Пути проложены в тоннеле прямоугольного сечения. Линия оборудована автоблокировкой с автостопами. Поезда с этой линии переходят на вторую линию метрополитена Хиби (с такими же техническими характеристиками), которая проложена от промышленного района Кита-Сэню к центру в южном направлении. На северной окраине эти поезда могут перейти на линию железной дороги Тобу, принадлежащую частной компании. В пригороде Нака-Мегую в юго-западной части Токио метропоезда выходят на линии государственной железной дороги Токио-Кюню.

На большинстве линий действует автоматическая блокировка с трехзначной сигнализацией и автостопами, а подвижной состав оборудован системами ограничения скорости. Вождение поездов осуществляется непосредственно машинистом, только одна линия оборудована системой автоматического ведения поездов.

Старейшей на метрополитене является линия Гинза. Она оборудована автоблокировкой, имеет колею 1435 мм и тоннель прямоугольного сечения с опорами, установленными на между-путье. Токоcъем осуществляется с контактного рельса. Железнодорожный путь выполнен на железобетонных полушпалках, забетонированных в основание пути, с резиновыми прокладками, креплением и противоугонами. Такая оригинальная конструкция пути присуща только этому участку.

На Японских метрополитенах эксплуатируется подвижной состав, отвечающий современным техническим требованиям. Кузов выполнен из нержавеющей стали или алюминиевых сплавов, торможение — рекуперативное. Длина состава — от 5 до 10 вагонов в зависимости от пассажиропотока. Минимальный интервал между поездами — 110 с, вместимость вагона — 140—160 пассажиров.

Планируется дальнейшее развитие метрополитена. В перспективе будет введено дополнительно 3 участка, и общая протяженность метрополитена составит 574 км. Планируется строить диаметральные линии, что позволит соединить по кратчайшему пути окраины города с центром.

**Метрополитен Саппоро.** В настоящее время в Саппоро эксплуатируются две линии метрополитена: Асабу-Макуманай протяженностью 14,3 км, пересекающая город с севера на юг, и линия «восток-запад» с конечными станциями Котони и Син Саппоро протяженностью 17,3 км. Обе линии пересекаются в центре города, где пересадочным пунктом служит станция Одори. Они перевозят до 540 тыс. пассажиров в сутки, что составляет 37% общего объема пассажирских перевозок.

Метрополитен занимает важное место в транспортном обеспечении города, особенно его центральной части. Многие авто-

бусные маршруты, в том числе пригородные, связаны с метрополитеном. Путь на ряде участков действующего метрополитена построен на эстакадах, причем неблагоприятные погодные условия зимнего периода не влияют на работу линий, так как путь снабжен защитной галереей с обшивкой из профилированных алюминиевых листов.

Строящаяся третья линия метрополитена протяжением 8 км с конечными станциями Сусикино и Саказмати свяжет центр города с северо-восточными районами. Новая линия по плану должна быть передана в эксплуатацию в 1988 г. Как и на действующих двух первых линиях на новой линии будут использоваться вагоны на пневмошинах. Конструкция верхнего строения пути имеет стальные направляющие для колес, изготовленные из швеллеров и смонтированные на бетонном основании.

На вновь сооружаемой третьей линии так же, как и на действующей второй линии, будет применена, наряду с диспетчерской централизацией, новейшая система автоматизации диспетчерского управления, устройство автоведения поезда (автомашинист), система рекуперативного торможения. На этой линии предполагается применить интегральную оптическую управляющую систему, которая будет функционировать совместно с действующей ныне на метрополитене сетью связи и управления. Система будет рассчитана на выполнение следующих функций: управление движением поездов, контроль за состоянием оборудования, выдача аварийно-предупредительных сигналов, управление устройствами электроснабжения, билетопечатающими машинами и машинами для контроля проездных документов на станциях, установками для оповещения пассажиров, устройствами для надзора за положением на станциях и пассажирских платформах.

Предусмотрена также система автоматизированного управления движением поездов без машиниста на путях (длиной 1,3 км), связывающих метродепо Хигаси с линейной станцией Хибаригаока. Это депо будет обслуживать поезда третьей линии.

Пассажирские платформы на линии будут иметь необходимую длину для приема 8-вагонных поездов, однако на начальной стадии поезда будут формироваться из 6 вагонов.

На линии внедрена система утилизации «бросового» тепла, которое будет использоваться затем для обеспечения работы отопительных установок и кондиционеров в расположенных вблизи линии служебных зданиях. На крупных станциях устанавливаются лифты для пассажиров, ограниченных в подвижности. На всех станциях предусмотрен монтаж специальных перил для ориентировки слепых пассажиров.

Программой развития метрополитена в Саппоро предусмотрено продление некоторых действующих линий. К 1995 г. будет продлена на 3 км (до станции Тэини-Хигаси) вторая линия, а третью строящуюся линию предполагается продлить на 8 км — до станции Китано. Этот участок планируется ввести в эксплуатацию в 1997 г.

## § 21. Метрополитены Франции

**Парижский метрополитен.** Бурный рост столицы Франции уже в середине прошлого века привел к серьезным транспортным затруднениям в городе, поэтому предложение о строительстве подземной транспортной магистрали, горячо обсуждавшееся в 50-е годы прошлого столетия, получило широкую поддержку. Однако франко-прусская война 1870—1871 гг. на длительный срок отодвинула решение этой проблемы. И лишь 30 марта 1898 г. правительство Франции приняло закон о постройке пяти электрифицированных линий метрополитена протяженностью 65 км. Вначале планировалось построить метрополитен по упрощенной схеме с колеей 1000 мм и шириной вагона 1,8 м. Однако после длительных споров была принята колея 1435 мм, как на железных дорогах страны, и ширина вагона 2,4 м.

19 июля 1900 г. была сдана в эксплуатацию первая линия протяженностью 13,4 км с 22 станциями, которая за год перевозила около 40 млн. пассажиров. К 1905 г. длина линий уже составляла 30 км. Особенно широко развернулось строительство в последующие годы. В 1905—1911 гг. было построено более 50 км линий. Однако в последующее десятилетие прирост составил только 16 км. Более широкому развитию помешала война и последующий за ней экономический кризис.

Первыми проектами планировалось строить метро только для собственного города, пригороды в расчет не принимались. Это вызывалось тем, что необходимо было заменить метropоездами огромное количество омнибусов, которые к тому времени уже никак не вписывались в узкие парижские улицы.

В 20-е годы построенные линии оборудовались автоблокировкой и централизацией стрелок и сигналов. Было сооружено несколько тяговых подстанций для преобразования переменного тока в постоянный напряжением 650 В.

В течение первых десятилетий был накоплен богатый опыт строительства тоннелей с учетом сложных парижских условий. Проходка под рекой Сеной производилась кессонным способом, на других участках этой линии применялся проходческий щит.

В 30-е годы строительство метрополитена развернулось бурными темпами. Новые участки строились не только в административных границах города, но и в пригородных зонах Парижа. В 1940 г. протяженность линий превысила 158 км. Строительство в эти годы велось на значительной глубине и только часть линий в зависимости от рельефа местности сооружалась на эстакадах и виадуках. Проходка тоннелей осуществлялась с применением проходческого щита при глубоком заложении и лишь небольшие участки сооружались открытым способом. Часть линий строилась ускоренным методом с сооружением опорных шахт, которые позволяли одновременно разрабатывать несколько более коротких участков. Этот способ в метростроении принято называть «бельгийским».

Коробчатый свод тоннелей облицовывался известняковыми плитами или плитами из песчаника и поддерживался монолитными бетонными стенами, которые, в свою очередь, опирались на сферическое основание. Ширина тоннелей составляла 7,1 м, высота 5,2 м.

В послевоенный период строительство метрополитена в Париже поначалу не продолжалось, и уже к началу 60-х годов рост автомобильного парка превысил возможно допустимые нормы. Транспортная проблема стала очень острой, поэтому было принято решение приступить к реконструкции старых линий и строительству новых.

Реконструкция проводилась путем автоматизации перевозочного процесса и системы управления, которая стала выполнять: контроль за графиком движения;

управление движением;

разработку оптимальных графиков в процессе движения;

продажу проездных билетов и др.

К 1971 г. был построен 21 км новых линий с 21 станцией. Закончено удлинение трех линий в общей сложности на 6,8 км с шестью станциями и начато удлинение еще двух линий. Продолжается оборудование станций эскалаторами (с 1983 г. задействовано 386 новых эскалаторов на 165 станциях), движущимися тротуарами, лифтами.

#### Технические характеристики

	линия Париж-город	линия Париж-экс- пресс
Год пуска в эксплуатацию . . . . .	1900	1938
Протяженность линий, км . . . . .	192,0	102,7
Число перевезенных пассажиров в год, млн. чел. . . . .	более 1150	250
Число линий . . . . .	15	2
Число станций . . . . .	360	63
Среднее расстояние между станциями, м	571	1278 (2067)
Инвентарный парк подвижного состава	3550	620
Напряжение в контактной сети, В . . . . .	750	1500
Стоимость одной поездки, во франках	6	4,8
Средняя дальность поездки пассажира, км	4,8	11,1
Потребление электроэнергии млн. кВт·ч	около 485	225
Минимальный интервал между поездами, с	100	150
Среднеэксплуатационная скорость, км/ч	23,9	41,7 (48)
Максимальное число вагонов в составе . .	6	9
Численность эксплуатационного персонала, чел. (данные 1985 г.) . . . . .	10 300	2850

В скобках приведены данные для пригородных зон.

На Парижском метрополитене впервые в мире стал использоваться подвижной состав на пневмошинах. Сейчас такие вагоны эксплуатируются на четырех линиях. Подобные вагоны, построенные французскими фирмами, работают также в Мехико, Монреале, Сантьяго, на одной из линий в Милане, которая строилась с помощью парижских специалистов, а также в Саппоро.



На многих участках Парижского метрополитена работает система автоматического ведения поездов, которая обеспечивает автоматическое, безопасное движение метровагонов по участку. Автоведение обеспечивает также регулирование скорости в зависимости от заданной схемы движения и ситуации на участке и высокую точность остановки на станции. Для того чтобы машинист не потерял навыков управления, в поездах устанавливаются устройства ручного контролируемого управления, которое позволяет машинисту периодически отключать автоведение и самому вести поезд. Система автоведения позволяет в случае возникновения в ней неисправностей обеспечить автоматическую остановку поезда и переход на ручное управление.

Парижское метро работает с 5<sup>30</sup> утра до 01<sup>15</sup> ночи. Число поездов, обращающихся на линиях, постоянно регулируется в зависимости от пассажиропотока. В обычное время интервалы между поездами увеличиваются до 5—7 мин. Резервные составы отставляются на запасные пути и могут быть немедленно задействованы в случае необходимости.

Сеть Парижского метрополитена была построена для обслуживания непосредственно города без учета пригородов. Однако необходимость перевозки большого количества пассажиров из пригородов потребовала создания второй скоростной сети.

Скоростная система соединяет крупные транспортные узлы между собой, в том числе пригородные участки железной дороги, что снижает или полностью ликвидирует пересадки пассажиров во время поездки. Такое решение сократило первоначальную строительную стоимость на развитие пересадочных узлов, улучшило условия поездки и разгрузило некоторые линии, что особенно важно в часы пик.

Строительству скоростной линии предшествовало широкое обсуждение вопросов прокладки скоростной трассы, технической характеристики линий и метровагонов. После долгих споров было принято решение о строительстве двух линий первой очереди: диаметральной линии «А» с востока на запад и линии «Б» с севера на юг.

Линия «А» строилась с 1962 по 1972 г. и вводилась в эксплуатацию небольшими участками. Эта линия проходит через весь Париж и со всеми ее крупными пересадочными узлами является линией, связывающей в единое целое все действующие участки метрополитена.

Вместо старых трудоемких шахтных методов строительства, тоннели и станции этой линии возводились с учетом современных достижений науки и техники. Своды отдельных станций выполнены из напряженных железобетонных конструкций.

Глубина тоннелей достигает 30 м. Отдельные участки строились «кессонным» способом. Широко использовалось специальное закрепление грунта с тем, чтобы до минимума уменьшить проседание при уплотнении слабых грунтов от нагрузок. Тоннели

прокладывались в основном с использованием современных механизированных проходческих щитов.

Первый участок линии «А» между станциями Нацьон и Буасси был открыт 14 декабря 1969 г. и вслед за ним до октября 1972 г. было пушено еще три участка.

Скорости на линии достаточно высокие. Расстояние между станциями Этуаль и Нацьон поезд преодолевает за 11 мин с участковой скоростью 48 км/ч.

Линия «Б» соединяет южные пригороды с центром и Северным вокзалом. Ее строительство было начато в 1972 г., а закончено в 1982 г. В часы пик поезда на участках этой линии следуют с интервалом в 180 с.

Для удобства пассажиров стыковка линий с железной дорогой осуществлена на станции Шателе в одном уровне. Пересадочный узел состоит из семи путей и четырех станционных перронов. Эта подземная станция метрополитена является самой большой в мире: ее ширина 80 м, а длина 325 м.

Техническое оборудование скоростного метрополитена самое современное. Тяговый ток — постоянный, напряжение в сети — 1500 В, система токосъема — троллейная.

Большим преимуществом этой линии является то, что по ее путям могут ходить и обычные железнодорожные поезда, оборудованные устройством автоматического переключения с переменного тока на постоянный ток необходимого напряжения. Изменена высота перронов, так как она обычно отличается от высоты железнодорожных платформ. Станции метрополитена оборудованы пассажирскими подъемниками, лифтами, эскалаторами, на некоторых пересадочных станциях и в соединительных переходах установлены движущиеся тротуары.

Метрополитен в Париже достаточно популярный вид городского транспорта. Однако его содержание на многих линиях оставляет желать лучшего. Нередкими стали случаи опозданий поездов. Загрязненность и постоянное наличие воды, проникающей в метрополитен по водостокам и через обделку тоннеля, создало условия для размножения комаров. Вот что писала по этому поводу «Московская правда» в декабре 1985 г.: «Комары вызывают все: ядохимикаты, моющие средства, дезинфекцию. Более того, их численность даже возросла за последний год. Теперь служители метро... советуют пассажирам запастись мазью и жидкостями против комаров».

В штатном расписании Парижского метрополитена имеется должность специалиста, в обязанности которого входит смывание надписей со стен вагонов и станций, подрисованных усов к рекламным плакатам и т. п. Подобной работы одному человеку хватает на полный рабочий день.

**Метрополитен Лилля.** Первая линия метрополитена Лилля протяженностью 13,5 км имеет 18 станций. На ней обращаются вагоны на пневматических шинах по пути, уложенном на бетон-

ном основании. Поскольку метрополитен полностью автоматизирован (поезда движутся без машиниста), обслуживающий персонал составляет всего 175 человек.

В 1984 г. доходы от перевозок составили 83,3% эксплуатационных расходов. Это достаточно хороший показатель, если учесть, что на других метрополитенах доходы покрывают лишь 50—60% эксплуатационных расходов. Ожидается, что в дальнейшем этот показатель будет расти.

Производительность труда на метрополитене весьма высокая и возрастающий пассажиропоток (в настоящее время он составляет 110 тыс. пасс/сут) позволяет надеяться, что производительность будет расти.

При объеме перевозок 28 млн. человек число перевезенных пассажиров на одного работающего в 1985 г. составило 160 тыс. человек.

Расходы на оплату труда персонала составляют 40% от общих эксплуатационных расходов, что в среднем на 25—35% меньше, чем на других метрополитенах.

В настоящее время строится вторая линия метрополитена протяженностью 12 км с 18 станциями, две из которых будут пересадочными. Ее строительство будет закончено к 1989 г.

Управление движением осуществляется из диспетчерского пункта, где на специальном табло высвечивается поездное положение на участках. Кроме того, имеются автоматизированные системы управления движением и информации пассажиров, позволяющие вести постоянный контроль за положением на станциях. Последние оборудованы переговорными устройствами для связи пассажира с диспетчером.

Метрополитен в Лилле функционирует 20 ч в сутки с интервалом движения поездов 90 с в часы пик и 4 мин во внепиковое время. Международным Союзом Общественного Транспорта были проведены исследования, которые показали, что в сравнении с другими зарубежными метрополитенами Лилльский имеет наиболее высокий процент соблюдения графика движения при наименьшем интервале между поездами.

Важную роль в обеспечении безопасности пассажиров играют платформенные двери. Они образуют барьер между платформой и путем и открываются синхронно с дверями поезда. Такое решение было заимствовано у Ленинградского метрополитена.

В 1984 г. перевозки на метрополитене составили 35% от объема всех перевозок на общественном транспорте Лилля.

Опрос пассажиров, пользующихся Лилльским метрополитеном, показал, что отсутствие машинистов и незначительное число обслуживающего персонала не являются психологическим препятствием для пользования метрополитеном. Более чем 95% опрошенных пассажиров заявили, что чувствуют себя в полной безопасности при пользовании метрополитеном.

**Метрополитен Марселя.** В ноябре 1977 г. в Марселе была сдана в эксплуатацию первая очередь метрополитена — линия длиной 9 км от станции Ле-Розе до вокзала Сен-Шарль. Это второй (после Парижского) метрополитен во Франции.

Линия метрополитена соединила существующие и вновь застраиваемые пригороды Марселя с его центром. Работы по сооружению первой очереди были начаты в августе 1973 г.

Тоннельные участки метрополитена проходят в толще пластов известняка и мергеля с включением песка и ила. Тоннели сооружали ново-австрийским способом, разработку породы вели при помощи самоходных установок с буровыми и фрезерными рабочими органами.

Двухпутный участок тоннеля имеет эллиптическое сечение высотой 5,2 м и шириной 7,6 м на прямых участках и 8,1 м в кривых. Сечение однопутных тоннелей имеет круговое очертание диаметром (в свету) 4,85 м.

Станции метрополитена расположены с интервалом от 800 м до 1100 м как в тоннелях, так и на наземных участках. Ширина станций 15 м, длина платформ 70 м. Подземные станции сооружались открытым, горным или комбинированным способами. Все станции имеют многоярусные конструкции, так, на ст. Сен-Шарль имеется 7 ярусов подземных помещений.

На станциях установлено 45 эскалаторов, рассчитанных на перемещение 8000 пассажиров в час со скоростью 0,6 м/с.

В комплекс подземных участков метрополитена, проходящих вблизи гавани, входят 33 насосные станции общей производительностью 200 м<sup>3</sup>/ч для откачки грунтовых вод. Насосные станции автоматизированы и снабжены дублирующими насосами. Тоннели оборудованы также вентиляционными шахтами и трубами, через которые осуществляется обмен воздуха, перемещающегося при движении поездов. Для усиления воздухообмена в случае необходимости (например при пожаре) установлено дополнительно 17 вентиляторов производительностью 175 тыс. м<sup>3</sup>/ч.

Поезда метрополитена в Марселе имеют колеса с обрезиненными бандажами, обеспечивающими плавность и бесшумность движения. Колеса перемещаются по балкам (стальным широкополочным двутаврам), уложенным с расстоянием по осям 2000 мм и опирающимися на поперечные шпалы: деревянные на наземных участках и железобетонные в тоннелях.

Для предотвращения боковых смещений подвижного состава предусмотрены горизонтальные направляющие, расположенные на расстоянии от оси пути 2500 мм. По направляющим перемещаются ролики с обрезиненной поверхностью качения. Направляющие закреплены с помощью консолей из изолирующего материала к каждой четвертой шпале на прямых участках пути и более часто в кривых и на стрелочных переводах. Горизонтальные направляющие одновременно служат токопроводящими элементами.

По путевым шпалам уложен также обычный рельсовый путь колеей 1435 мм, по которому подвижной состав движется на пересечениях и стрелках, или при сходе обрешеченных колес с направляющих. Рельсовый путь используется также для движения подвижного состава, не имеющего обрешеченных колес.

Стрелочные переводы метрополитена уложены на щебеночном балласте. Железнодорожные шпалы в тоннелях состоят из двух блоков, объединенных штангой-фиксатором колеи. Шпалы уложены на бетонное основание и омоноличены бетоном.

Организация движения поездов метрополитена осуществляется с помощью ЭВМ. Управление поездами автоматизировано: машинист осуществляет лишь контрольные функции. Наряду с этим возможен переход на ручное управление с дополнительным контролем параметров движения автоматическими устройствами. Поезда метрополитена состоят из трех вагонов (из них два моторных) общей вместимостью 352 человека. Предусмотрена возможность увеличения вместимости поезда до 472 мест за счет четвертого вагона. Кузова вагонов изготавливают из алюминия, покрытого полиуретаном. В настоящее время ведутся работы на линии второй очереди метрополитена между станциями Сен-Шарль и Каstellан длиной 3 км.

**Метрополитен Лиона.** Протяженность сети Лионского метрополитена 14,2 км с 22 станциями. Станции имеют длину платформ 70 м и рассчитаны на прием 4-вагонных составов. В будущем предполагается удлинение платформ до 110 м для обслуживания 6-вагонных составов.

Тоннели мелкого заложения имеют прямоугольное сечение, внутреннюю ширину 7,5 м и высоту 5,0 м. На станциях установлено 40 эскалаторов. На линии эксплуатируются 3-вагонные составы, состоящие из двух моторных (длиной 18,07 м) и одного прицепного (длиной 17,63 м). Ширина вагона — 2,87 м, высота — 3,4 м.

Трехвагонный состав имеет 160 мест для сидения и 224 места для проезда стоя. С каждой стороны вагона предусмотрено по 3 двойные двери шириной в свету 1300 мм.

Провозная способность линии 20 тыс. пассажиров в час в каждом направлении при наполнении 4 чел/м<sup>2</sup>.

Кузов вагона выполнен из алюминия, лобовые стенки из полиэстера, масса вагона — 33 т. Тележки вагона оборудованы пневматическими шинами, максимальная скорость — 90 км/ч. Моторный вагон оборудован двумя тяговыми двигателями мощностью 217 кВт.

Подвижной состав имеет систему автоматического управления, но несмотря на это, в каждом поезде есть машинист.

Предусмотрена также система тиристорного регулирования, обеспечивающая рекуперативное торможение.

Процесс пуска и торможения поездов производится автоматически. Специальная аппаратура регулирует скорость движения, не допуская ее превышения, торможение, разгон и поддер-

жание заданного интервала между поездами. При ручном управлении сигналы, ограничивающие скорость, передаются на табло, расположенное в кабине машиниста.

Управление движением поездов осуществляется из центрального диспетчерского пункта, объединяющего 3 центра по управлению и контролю за движением поездов, работой станций и устройств энергоснабжения.

Станции, как правило, не имеют постоянного обслуживающего персонала. Они обслуживаются ограниченным числом «разъездных» работников. Этот персонал включается в работу только в экстренных случаях.

Все станции метрополитена оборудованы новой, улучшенной системой информации пассажиров, основанной на применении символов, индексов и пиктограмм.

На метрополитене Лиона используется новейшая техника. Например, движение на центральном участке второй линии контролируется ЭВМ, с помощью которых, кроме всего прочего, можно в любой момент получить информацию о состоянии оборудования на всем маршруте, включая информацию об отказах.

## § 22. Метрополитены Мадрида и Барселоны (Испания)

**Метрополитен Мадрида.** Движение поездов на первой линии Мадридского метрополитена было открыто в 1919 г. С тех пор построено и введено в эксплуатацию еще 9 линий. В настоящее время протяженность линий (все с левосторонним движением) составляет 105 км со 145 станциями. Средняя длина перегона примерно 800 м.

Длина станций рассчитана на 4- и 5-вагонные поезда. На некоторых менее загруженных линиях эксплуатируются поезда, состоящие из трех вагонов.

На старых линиях оба пути уложены между платформами. На линиях, построенных в более поздний период, станции имеют 3 платформы, при этом средняя платформа проходит между путями. На таких станциях при остановке поезда двери открываются с обеих сторон вагона.

На станциях новых линий стены облицованы мрамором и полированными плитами с мраморной крошкой, на старых линиях отделка более дешевая, стены оштукатурены или облицованы керамической плиткой. Керамической плиткой отделаны также стены подземных вестибюлей и переходов. Потолки межстанционных переходов и наклонных ходов эскалаторов выполнены из алюминиевых пластин.

Станции, как правило, мелкого заложения без наземных вестибюлей, на них установлено по два эскалатора на выходе, между которыми располагается маршевая пешеходная лестница. На линиях более поздней постройки панели эскалаторных балюстрад выполнены из легкого металла, ступени — из дюралюминия.

Подземные вестибюли станций используются для размещения газетных и журнальных киосков, небольших магазинов, где можно приобрести мелкие товары.

В вестибюлях расположены кассы и турникеты с магнитным считыванием. Применяются турникеты двух конструкций: с лентопротяжным механизмом и оборудованные компостером. На выходах со станций установлено несколько турникетов, выполненных в виде металлических дверей высотой 1 м, которые открываются самими пассажирами.

Билеты бумажные, одноразового пользования стоимостью 35 песет.

Ежедневно метрополитен Мадрида перевозит 1,2 млн. пассажиров при населении города около 3 млн. человек.

В последние годы на ряде линий внедрено автоведение и система автоматического регулирования скорости. При автоведении машинисты только открывают и закрывают двери, а также отправляют поезд, нажимая на кнопку «пуск», остальную работу по ведению поезда осуществляет автоматика.

Система автоматического регулирования скорости не позволяет машинисту превысить скорость (в этом случае произойдет электроторможение), а также обеспечивает остановку поезда у запрещающего сигнала. При неисправном устройстве сигнализации машинист может нажать на специальную кнопку на пульте управления и вручную вести поезд со скоростью не более 20 км/ч. На линиях, оборудованных автоведением и системой автоматического регулирования скорости, ведение поезда осуществляется одним машинистом, на неавтоматизированных участках — машинистом и его помощником.

Все поезда оборудованы поездной радиосвязью машиниста с диспетчером. Передача радиосигналов осуществляется по волноводу, проложенному на протяжении всего участка.

Тоннели как на станциях, так и на перегонах, двухпутные с довольно ограниченными предельными очертаниями. В пределах станций путь крепится к бетонным приливам, на перегонах — к деревянным шпалам, уложенным на щебеночный балластный слой. Линии в нескольких местах оборудованы стрелочными съездами, позволяющими маневрировать движением поездов при возникновении неисправностей.

Первый диспетчерский пункт расположен на одной из станций в районе подземного перехода, с этого пункта осуществляется централизованное управление пятью линиями, всеми стрелками и сигналами. В необходимых случаях линия переводится на местное управление. Диспетчеры всех пяти линий располагаются в одном помещении. Каждый сидит за своим пультом управления, оснащенный дисплеем с цветным изображением. При необходимости диспетчер может высветить на дисплее нужный участок линии, ознакомиться с поездным положением, номерами поездов, находящихся на этом участке, и показанием сигналов.

Обслуживающий персонал станции состоит из начальника станции и кассира. Начальник станции работает в застекленной кабине, встроенной в нишу стены и расположенной в середине платформы.

В кабине имеется необходимая связь, пульт-табло со схемой станции, прилегающих перегонов, схемами смежных станций и светофорами.

На некоторых станциях кабина оборудована телеустановкой для наблюдения за платформами и вестибюлями. Стены станции широко используются для рекламы и информации. Наименование станций пишется на панели, проходящей вдоль всей платформы с интервалами 3—4 м, и хорошо видно из любого вагона поезда.

Каждая линия метрополитена имеет свой цвет и номер с 1 по 10. Широко применяется информация на переходах с одной линии на другую. Схемы линий с наименованием станций имеются во всех вагонах и расположены над дверными проемами, выполнены на цветном стекле со светящимся указателем направления движения.

Архитектура станций упрощена из-за наличия верхнего тоскобема, т. е. расположения на потолке станций контактных проводов. Контактный провод находится под напряжением 600 В постоянного тока.

В качестве основных сигнальных цветов в устройствах автоблокировки применяется белый, зеленый и красный огни. Если на светофоре горит белый огонь, значит путь свободен и можно следовать с установленной скоростью. Зеленый огонь светофора требует снижения скорости, красный — остановки. Светофоры установлены, как правило, только на выходе со станций. На перегонах светофоров нет, за исключением перегонов увеличенной длины, где можно встретить один дополнительный светофор.

Интервал между поездами в час пик 180 с. Автоблокировка выполнена без автостопов. Безопасность движения обеспечивается за счет наличия кнопки «мертвого человека» на рукоятке контроллера машиниста. Во время ведения поезда машинист должен все время держать ее в нажатом положении, в противном случае произойдет экстренное торможение и остановка поезда.

Диспетчерский пункт оснащен магнитофонной системой контроля всех ведущихся переговоров диспетчера с машинистами электропоездов и другим линейным персоналом, а также электронной машиной, выдающей табуляграмму всех случаев нарушения нормальной работы на линии (нарушение устройств сигнализации, эскалаторов, подвижного состава и др.).

Служба подвижного состава осуществляет техническое обслуживание и ремонт вагонов, а также принимает участие в разработках новых типов подвижного состава. Машинисты входят в состав службы эксплуатации.

Подвижной состав Мадридского метрополитена состоит из 600 вагонов различных модификаций. В основном эксплуатируются вагоны пяти серий, сформированные в 4-вагонные поезда.



До сих пор эксплуатируются еще вагоны серии 1000 выпуска 1919 г. с устаревшим механическим и электрическим оборудованием, а также серии 2000 выпуска 1974 г.

С 1982 г. метрополитен получил вагоны серии 5000, в конструкции которых применены новейшие достижения техники.

На этих вагонах применены тележки с расположением тяговых двигателей вдоль оси пути. Буксовое шпинтонное подвешивание выполнено в виде резинового амортизатора, находящегося внутри стаканов, верхний из которых приварен к раме тележки, а нижний расположен на крыле буксы.

На вагонах применено пневмоподвешивание с системой клапанов, регулирующих давление в резиновых камерах, а также подрезиненные колеса упрощенной ремонтпригодной конструкции с расположением резиновых амортизаторов по кругу катания между бандажом и колесным центром.

Кузов длиной 15 м имеет три дверных проема с каждой стороны и поперечное расположение индивидуальных сидений автомобильного типа. Вентиляция в новых вагонах принудительная. Забор воздуха осуществляется через специальные черпаки и подается через решетки, расположенные по центру потолка. С целью снижения шума вентиляторы расположены под полом кузова. Отсос воздуха производится через жалюзи, расположенные под сиденьями.

Во второй половине 1984 г. на метрополитене были начаты эксплуатационные испытания трех секций вагонов с асинхронным приводом.

На каждом вагоне установлены два асинхронных двигателя мощностью до 140 кВт каждый. Двигатели расположены вдоль оси вагона, через редуктор соединяются с колесной парой.

На вагоне установлен роторный мотор-компрессор, создающий значительно меньше шума при работе. Система диагностики выполнена на микропроцессорах с запоминанием всех возникающих на вагоне неисправностей, имевших место при работе состава на линии.

**Метрополитен Барселоны.** Протяженность шести линий этого метрополитена — 55 км, количество станций — 77. Ежедневно перевозится около 7000 тыс. пассажиров.

Поезда состоят из 3—5 вагонов. Минимальный интервал между поездами около 180 с.

Поезда обслуживаются в два лица, второй человек находится у дверного проема в среднем вагоне поезда. В его обязанности входит открывание и закрывание дверей.

На вагонах последней конструкции установлена бортовая сигнализация положения дверей, срабатывания защиты, отпуска тормозов и др. с вертикальным расположением сигналов. На вагонах, выпускаемых Мадридским машиностроительным заводом, бортовая сигнализация выполнена с горизонтальным расположением сигналов, что менее удобно для машиниста.

В пределах города Барселоны проходит линия подземной электрифицированной железной дороги, которая связана с линиями метрополитена переходами. На этой линии эксплуатируются 3-вагонные электропоезда с верхним токосяемом. Вагоны метрополитена имеют нижний токосяем, и их токоприемник установлен на буксе колесной пары.

Станции подземной железной дороги мало чем отличаются от станций метрополитена.

Управление всеми линиями Барселонского метрополитена сосредоточено в Центральном диспетчерском пункте, который оснащен мнемосхемами линий со станциями, путевым развитием и путевыми сигналами.

Кроме этого, у диспетчера имеется дисплей с цветным изображением, на котором при необходимости можно проверить поездное положение на любом участке линии.

В соседнем зале расположен электродиспетчерский пункт, оснащенный мнемонической схемой системы энергоснабжения. У энергодиспетчера также имеется цветной дисплей, на котором можно увидеть состояние оборудования на любой тяговой подстанции.

## § 23. Метрополитены Милана и Генуи (Италия)

**Метрополитен Милана.** В начале 60-х годов объем пассажирских перевозок на городском общественном транспорте в Милане значительно возрос. Это и стало основанием строительства метрополитена. Первая линия метрополитена протяженностью 17,7 км была открыта для движения в 1964 г., а в 1970 г. ввели в эксплуатацию вторую линию протяженностью 8,5 км.

В конце 70-х годов была спроектирована третья линия, ее протяженность 9,1 км. Строительство третьей линии началось в октябре 1981 г. Протяженность первого участка — 1,02 км. Всего на этой линии будет сооружено 13 станций с переходами на существующие линии. Строительству этой линии способствовала хорошая связь с пригородным движением, так как метрополитен пересекает три станции Итальянских государственных железных дорог и, кроме того, трасса третьей линии увязана с сетью автобусных маршрутов.

Стоимость строительства составляет 700 млрд. лир (550 млн. долларов). По предварительным данным объем перевозок составит первоначально 70 млн. пассажиров в год, а к 1990 г. возрастет до 90—100 млн. пассажиров. Линия пройдет в тоннелях, проходка которых осуществляется с предварительной обработкой аллювиального грунта специальным химическим укрепляющим раствором. Новая линия запроектирована на постоянном токе напряжением 1500 В. Это объясняется тем, что такая система энергоснабжения позволяет продлить новую линию в пригородные районы.

В 1980—1981 гг. начато удлинение участков на обеих старых линиях, строительство которых закончено в конце 1984 г. В 1985 г. на первой линии построен еще один участок, протяженностью 2,2 км.

На недавно построенных участках для контактной сети используются опоры из армированной пластмассы, что позволило сократить расходы, в основном за счет снижения затрат на текущее содержание на 70%.

**Метрополитен Генуи.** В Генуе заканчивается строительство первой линии метрополитена протяженностью 8 км с 11 станциями.

Несмотря на стандартный проект, постройка метро связана с большими трудностями из-за архитектурных особенностей города. Население города составляет 750 тыс. человек, поэтому наземные виды транспорта вполне могли бы удовлетворить потребности города в перевозках. Но улицы Генуи настолько узки, что на них постоянно образуются уличные пробки, поэтому скорость транспорта немногим больше скорости пешехода. Вместе с тем власти города хотят сохранить его историческую часть, так называемый старый город.

Строительство метрополитена облегчается благодаря наличию в городе тоннелей, которые можно использовать при прокладке линий. Для нового метрополитена будет построено 60 вагонов серийного производства. Кузов вагона будет выполнен не из стали, а из алюминия, в результате чего масса каждого вагона сократится на 4 т. На вагонах предусмотрены раздвижные двери, по 4 двойных и 2 одинарных на каждой стороне.

Вместимость вагона — 222 человека, мест для сидения — 28. При такой вместимости вагона пропускная способность достигнет 24 тыс. пассажиров в час в каждом направлении. Минимальный интервал между поездами составит 120 с. Поезда будут сформированы из трех вагонов.

Два тяговых двигателя вагона питаются постоянным током напряжением 750 В и обеспечивают максимальную скорость поезда 75 км/ч, предусматривая реостатное и рекуперативное торможение.

Длина платформ на станциях — 80 м. Путь уложен на бетонном основании с использованием специальных подкладок для уменьшения вибрации. Управление движением будет осуществляться из одного центра. Предусматривается оборудовать линии системой автоведения.

## § 24. Метрополитен Лиссабона (Португалия)

Движение поездов на первой линии метрополитена Лиссабона было открыто в 1959 г. В настоящее время маршрутная сеть состоит из основной линии протяженностью 6,5 км и двух ответвлений протяженностью по 2,7 км. Планом развития городского

общественного транспорта предусматривается увеличение общей протяженности сети метрополитена до 27 км. Объем пассажиро-перевозок постоянно увеличивается. Если в 1979 г. было перевезено 111,7 млн. пассажиров, то в 1980 г. уже 120,8 млн. пассажиров. В настоящее время доля метрополитена в общегородских перевозках составляет 25% и перешагнула рубеж 130 млн. пассажиров в год. Общая протяженность линий 11,9 км, число станций 20.

Рельсовый путь уложен на щебеночное балластное основание (известняк, базальт) с применением деревянных шпал.

Энергоснабжение осуществляется от тяговой сети постоянного тока напряжением 750 В посредством нижнего токосъема от контактного рельса. Масса тары вагона — 34,8 т, конструктивная скорость — 100 км/ч.

Налажено производство вагонов новой конструкции с уменьшенной на 20% массой тары. Кузов вагона выполнен из нержавеющей стали, а кабины управления отделаны армированным стекловолокном.

Новые вагоны имеют 40 мест для сидения и 124 места для проезда стоя. Вагоны имеют 6 дверей, по 3 с каждой стороны для входа и выхода пассажиров, ширина каждой двери — 1300 мм.

Вагоны оборудованы реостатными тормозами. Кроме того, они имеют электропневматические и автоматические дисковые тормоза, которые включаются в случае выхода из строя основных реостатных тормозов.

С вводом в эксплуатацию новых вагонов увеличится число составов на линиях, а интервалы между поездами сократятся с 3—5 мин в часы пик до 120 с.

В настоящее время по рабочим дням курсируют четырехвагонные составы, а в выходные и праздничные дни — двухвагонные составы. Основная линия метрополитена открыта для пассажиров с 6<sup>00</sup> утра до 1<sup>00</sup> ночи, а на ответвлениях движение производится с 6<sup>00</sup> утра до 22<sup>00</sup>.

## § 25. Метрополитен Брюсселя (Бельгия)

Первая линия Брюссельского метрополитена была пущена в 1976 г. В октябре 1982 г. введена в эксплуатацию вторая линия длиной 7 км, которая состоит из двух участков, содержащих 4 станции в юго-западном направлении от центра города и 5 станций в северо-восточном направлении.

В городе с населением 1,1 млн. человек метрополитен имеет общую протяженность 20,5 км с 33 станциями. Среднее расстояние между станциями 700 м. Ежегодно перевозится около 220 млн. человек. Интервал между поездами в часы пик 180 с, участковая скорость около 30 км/ч.

Состав состоит из четырех вагонов. Токосъем осуществляется с третьего рельса. Напряжение контактной сети 750 В. Стоимость проезда 30 бельгийских франков.

Новые участки проложены преимущественно на поверхности вдоль западного кольцевого участка Государственной железной дороги. На двух станциях метро оборудованы пересадочные узлы на железную дорогу.

Станции построены с учетом современных требований архитектуры и эстетики, большое внимание уделено художественному оформлению, настенной живописи, скульптурам. Каждая станция выполнена в своеобразном присущем только ей стиле. Неземные станции оборудованы навесами для укрытия пассажиров от дождя и снега.

Управление движением осуществляется из единого центра. Ведется строительство ряда других участков.

## **§ 26. Метрополитен Вены (Австрия)**

Венский метрополитен имеет протяженность 30,4 км с 39 станциями. Ежегодно перевозится 170 млн. пассажиров.

Интересна система диспетчерского управления метрополитеном, которая была введена в эксплуатацию в 1981 г.

На постах централизации для организации автоматического управления движением поездов и контроля за движением используются микропроцессоры. На посту управления станции Карлсплатц с помощью двухпроцессорной вычислительной системы собирается информация о движении поездов со всех постов централизации, которая логически стыкуется с данными графика движения.

Установленные маршруты и места нахождения поездов отображаются на цветных мониторах. Указатели маршрутов следования поездов управляются автоматически. Для достижения оптимального расхода электроэнергии обеспечиваются заданные значения скорости движения.

Наряду с автоматическим управлением движением поездов в случае необходимости можно управлять каждым постом централизации из центральной диспетчерской через систему дистанционного управления. Местные посты централизации соединены с центральной диспетчерской через две кольцевые линии.

В функции местных постов централизации входит контроль за движением поездов, управление движением, набор и индикация номера поезда, передача информации. Местные посты диспетчерской централизации (ДЦ) оснащены микроЭВМ, которые выполняют логические функции.

Центральная диспетчерская оснащена двухпроцессорной вычислительной системой. В функции центрального поста диспетчерской централизации входит обработка графика движения поез-

дов, сбор информации на мониторах с цветными экранами, управление поездной радиосвязью, указателями маршрутов поездов и др.

Благодаря кольцевому включению постов централизации каждый местный пост получает информацию об общей эксплуатационной обстановке на линии, которая может быть отображена на каждом местном посту. Это позволяет операторам получать информацию об эксплуатационной обстановке за пределами их собственной зоны централизации.

Наряду с автоматическим управлением движением поездов предусмотрено ручное управление, с помощью которого оператор может оказать воздействие на эксплуатационную обстановку. Для этого имеются соответствующие вспомогательные программы ручного управления как в центральной, так и в местных диспетчерских.

Составление и изменение данных с помощью программ ручного управления осуществляется оператором в форме «вопрос-ответ».

Ввод любых данных автоматически протоколируется. Если данные предназначены для местных диспетчерских, то они поступают в программируемые запоминающие устройства.

## § 27. Метрополитены ФРГ

**Метрополитен Мюнхена.** Метрополитен столицы Баварии, насчитывающей 1,8 млн. жителей, состоит из трех основных и нескольких ответвляющихся линий радиального направления, которые в целях рациональных пересадочных возможностей многократно пересекаются друг с другом.

Строительство метрополитена было значительно ускорено в связи с подготовкой к проведению Олимпийских игр (1972 г.).

Первый 10-километровый участок на линии север-юг был открыт для движения 19 октября 1971 г. после 7 лет строительства.

К началу Олимпиады был закончен ответвляющийся от этой линии участок длиной 3,5 км до олимпийского центра. Позже, после строительства двух новых участков, линия север-юг достигла 12,5 км.

Первая очередь второй линии направления север-юг длиной 15,5 км с 19 станциями была открыта в 1980 г. С ее пуском общая длина действующих линий достигла 31 км.

Среднесуточное число пассажиров составляет 600 тыс. человек. Рекордная перевозка была отмечена во время Олимпиады — 30 тысяч пассажиров в час в одном направлении.

Строительство велось в основном с помощью проходческого щита, открытым способом и методом одноарочного строительства.

Последний метод строительства линий глубокого заложения по своей производительности не уступает способу открытого производства работ.

- Применение торкретного бетона дало возможность перекрыть одной арочной конструкцией трехпутный тоннель с площадью сечения 150 м<sup>2</sup>. На станции Харрас был применен водонепроницаемый бетон без специальной изоляции.

Путь имеет колею 1435 мм, деревянные или бетонные шпалы, уложенные на щебеночном балласте толщиной 22 см. На некоторых участках для снижения шума под щебеночной подушкой уложены эластичные прокладки с резиновым наполнителем.

Энергоснабжение осуществляется на постоянном токе напряжением 750 В.

Изоляторы контактных рельсов изготовлены из полистирола, усиленного стекловолокном.

Сигнальная система, благодаря непрерывному контролю скорости движения и автоматическому вождению поездов, обеспечивает надежное движение поездов с интервалами в 90 с.

Линия оборудована автоматическими устройствами по переводу стрелок, которые выполняются установленными в системе управления ЭВМ.

Диспетчер, контролирующий движение, видит на цветном мониторе, также связанном с ЭВМ, положение поездов на схеме дорожной сети, их маршрут, длину поезда, положение стрелки и т. д.

Участки оборудованы двусторонней автоблокировкой с автостопами, что гарантирует бесперебойную работу при неисправности системы автоматического вождения поездов.

Строительство метрополитена продолжается весьма интенсивно. В 1982 г. введена новая линия до Роткройцплатц. В 1983 г. завершено строительство так называемой «цветочной линии», ведущей к району, где расположены международные выставки по садоводству.

В 1984 г. построен четырехкилометровый участок между Вештендштрассе и Карлсплатц. Ожидается, что к 2000 г. общая длина десяти линий будет равна 90 км.

Пригородная железная дорога, имеющая протяженность 400 км, один из участков которой в центре города проходит под землей, тесно связана с метрополитеном путем специально оборудованных пересадочных узлов.

**Новые линии метрополитенов.** В Бохуме ведется строительство подземного участка второй линии метрополитена, которая соединит Бохум с городами Херне и Гельзенкирхен. В настоящее время строится участок длиной 5,4 км с семью станциями, сдача которого в эксплуатацию намечена на 1989 г.

Строительство остальных 1,3 км с двумя станциями начато в 1985 г. и должно завершиться в 1990 г.

В Дортмунде в 1984 г. началась эксплуатация первой линии метрополитена длиной 9,4 км с 13 станциями, которая включает двухпутный подземный участок длиной 2,5 км с двумя станциями. Строительство еще двух линий будет закончено в начале 90-х годов.

В Гамбурге строится участок второй линии метрополитена длиной 5,7 км, который будет сдан в эксплуатацию в 1989 г. В 1984 г. начато строительство участка третьей линии длиной 2,9 км, которое должно завершиться в середине 90-х годов. В ряде эксплуатируемых участков продолжают испытания автоматизированного подвижного состава.

В Ганновере ведется переоборудование трамвайной сети для нужд метрополитена. В эксплуатации находятся уже две линии. На третьей линии в марте 1984 г. вступил в эксплуатацию подземный участок длиной 465 м. В 1984 г. начата реконструкция восточного радиуса линии С, которую намечено закончить в 1988 г.

## § 28. Метрополитен Праги (ЧССР)

Особенностью Пражского метрополитена является то, что он работает по единому графику с автобусными и трамвайными линиями. Первая линия, сданная в эксплуатацию в мае 1974 г., связала самый населенный район с центром города и с другими густонаселенными районами. Поезда сформированы из вагонов советского производства и следуют с интервалом 2,5—6 мин. В часы пик интервал может быть сокращен до 150 с. Протяженность метрополитена Праги, население которой около 1,2 млн. человек, составляет 19,3 км с 23 станциями, среднее расстояние между которыми 920 м. Инвентарный парк превышает 300 вагонов. Ежегодно метрополитеном перевозится 260 млн. пассажиров, причем за десять последних лет перевозки выросли более чем на 100 млн. пассажиров.

Станции в основном глубокого заложения. Линия Ленинова — Намешти Миру, сданная в эксплуатацию в 1978 г., имеет глубину от 11,5 (станция Ленинова) до 58 м (станция Намешти Миру).

Максимальный уклон — 40‰. Строительство метрополитена производилось с помощью проходческих щитов советского производства. Эти щиты хорошо себя показали при проходке тоннелей на участке первой линии в районе реки Влтава и исторического центра города, где нужно было организовать взрывные работы и избежать просадки горных пород.

Диаметр тоннеля, обделанного прессованным бетоном, — 5,1 м.

При изыскании был применен новый геодезический метод с применением фотометрии и вычислительной техники. Стереофотометрия осуществлялась с помощью камеры, оборудованной объективами с минимальным радиальным искажением.



Полученный цифровой результат наносился на перфоленту и обрабатывался на ЭВМ. Производительность геодезических работ, благодаря этому, увеличилась в 18 раз.

На большинстве линий применен новый способ укладки верхнего строения пути. Рельсы скрепляются анкерными болтами, уложенными в бетон, шпалы отсутствуют. Стержень заливается специальным смоляным составом с добавкой песка и уплотняющего материала. Такая конструкция упрощает текущее содержание пути.

Архитектурные и строительные решения станций Пражского метрополитена отвечают требованиям охраны окружающей среды и обеспечивают хорошие условия обслуживания пассажиров. Большинство станций трехсводчатые с рациональным использованием пространства, гармоничным сочетанием отделочных материалов. Решения по отоплению, освещению, вентиляции, выбору размеров помещений оптимальны и хорошо вписываются в прилегающие к ним районы.

Подвижной состав, построенный Мытищинским машиностроительным заводом, отличается высокой надежностью и комфортабельностью. Поезда формируются из двух и пяти вагонов, в зависимости от пассажиропотока. Электроснабжение осуществляется от третьего (контактного) рельса постоянным током при напряжении 750 В.

## **§ 29. Метрополитен Хельсинки (Финляндия)**

Метрополитен Хельсинки один из самых молодых в мире, эксплуатация его первого участка Камии — Пуотинхарью началась в 1982 г. Его рождение было вызвано серьезными транспортными трудностями, возникшими вследствие бурного роста населения города и расположения его центра на узком полуострове. В этих условиях надежную развязку пассажиропотоков, безопасную и удобную перевозку пассажиров мог обеспечить только метрополитен.

Прокладка линий в тоннелях под центром старого города позволяла сохранить уникальные здания, имеющие национальную и архитектурную ценность и не повредить окружающую природную среду. Согласованная работа пригородного железнодорожного движения и линий метрополитена изменила функциональную среду города, т. е. позволила часть учреждений и контор разместить в пригородных микрорайонах, что ускорило развитие жилых окраин города.

Проектирование метрополитена в Хельсинки началось еще в 50-е годы, однако решение о строительстве Совет городских уполномоченных смог принять только в 1969 г.

Длина первого участка составила 11,2 км, из них около 4 км в тоннеле. Движение по всему этому участку началось в 1984 г.

Таким образом, от начала проектирования до окончания строительства прошло более 30 лет. Это было вызвано трудностями в финансировании работ, которые полностью производились за счет городского муниципалитета.

Эксплуатируемый участок обслуживает жителей восточной части города. Большинство из них живут в районах, расположенных в 800 м от станций. Остальных жителей к станциям метро доставляют скоростные автобусы. Поезда следуют с интервалами 150—180 с в часы пик. Обычный интервал составляет 5—6 мин днем и 10 мин вечером.

Вблизи станций метро оборудованы автомобильные и велосипедные стоянки, что позволяет пассажирам доехать до станции индивидуальным транспортом.

Каждая станция построена по специальному проекту, имеет свои особенности. Для отделки применены материалы, обладающие прочностью, износостойчивостью и не требующие постоянного ухода. Дорогостоящие отделочные материалы, такие как мрамор и гранит, применены в крайне ограниченных размерах. Все просто и недорого, перроны и вестибюли содержатся в чистоте и порядке. Станции расположены как в глубине, так и на поверхности. Например, главный вход станции Хаканиеми, расположенной в центре в районе рынка, ведет к платформам, построенным на глубине 20 м, а станция Хийхтянтте построена на поверхности. Вестибюль для продажи билетов находится на одном уровне с землей, а посадочная платформа сооружена непосредственно под ним. Все станции оборудованы билетными автоматами, принимающими бумажные деньги.

На линиях эксплуатируются современные двухвагонные поезда, построенные на транспортном заводе фирмы Валмет. Два вагона поезда имеют 400 мест, в том числе 140 для сидения. В часы пик длина поездов увеличивается до трех пар, в которых могут перевозиться 1200 пассажиров. Техническая скорость вагонов — 90 км/ч, участковая — 42—43 км/ч. Электротехническое оборудование на вагоны поставляется фирмой Стрёмберг. Кузов вагона выполнен из алюминиевого сплава.

Управление движением осуществляется из единого центра.

На пункте управления установлены следующие устройства:

система ЭВМ для обработки данных;

система контроля за работой устройств СЦБ и связи;

система контроля за работой участков с помощью телевидения;

специальное оборудование, контролирующее работу станций, не имеющих персонала и эскалаторов;

оборудование для управления поездами, следующими без машинистов.

Работой пункта управления участка руководит диспетчер, который наблюдает по мониторам с цветным изображением за автоматическим движением и при необходимости принимает управление на себя.

Электронно-вычислительные машины осуществляют необходимую обработку данных, а также производят:

сравнение теоретического и исполненного графика движения; информируют диспетчера о нарушениях графика и нумерации поездов;

осуществляют автоматическую разработку порядка следования поездов;

производят автоматическое управление указателями на станциях;

позволяют вести наблюдение с помощью мониторов за работой технических устройств на станциях;

осуществляют периодическое наблюдение за положением в вестибюлях и на перронах станций;

руководят следованием поездов по участкам.

### § 30. Метрополитен Осло (Норвегия)

Летом 1966 г. состоялось открытие первого участка метрополитена протяженностью 10,2 км. В настоящее время протяженность линий составляет 37,8 км с числом станций 45.

Средняя протяженность между станциями — 815 м, минимальный радиус кривых — 200 м, колея — 1435 мм, число вагонов в составе — 6, участковая скорость — 32 км/ч.

Особенностью метрополитена Осло является глубокое заложение линий метрополитена. Условия сооружения метрополитена на многих участках оказались весьма тяжелыми из-за наличия скалистых грунтов. На этих участках для обделки использовались, как правило, железобетонные тубинги.

Ширина тоннеля для двухпутной линии достигает 9 м, что связано с эксплуатацией очень широкого по габаритам (3200 мм) подвижного состава. Высота тоннеля — 4000—4200 мм над головкой рельса.

Самая большая станция Гренланд сооружена в двух уровнях. Она имеет подземный вестибюль с кассовым залом, где размещены торговые киоски и вспомогательные помещения.

Под вестибюлем на глубине 25 м расположен зал для пассажиров вместимостью 3000 человек и посадочные платформы. Ширина станционных платформ — 4,5—5 м. Станции в основном наземные, только 6 из них построены под землей.

Вестибюли всех станций расположены на поверхности земли. Из вестибюлей к посадочным платформам глубоких станций ведут лестничные марши или эскалаторы.

Во избежание образования гололеда станции оснащены электрическим обогревом.

Все станции метрополитена оборудованы автоматическими контрольно-пропускными пунктами, на которых применена жетонная система.

Питание метрополитена электроэнергией осуществляется постоянным током напряжением 750 В.

Тяговые подстанции оборудованы сухими трансформаторами. В качестве преобразовательных агрегатов используются кремниевые полупроводниковые выпрямители. Все подстанции оборудованы средствами автоматики и работают без обслуживающего персонала. Управление подстанциями осуществляется из центрального диспетчерского пункта.

Токоъем осуществляется башмаками вагонных токоприемников с нижней поверхности контактного рельса, который крепится на специальных изоляторах-кронштейнах и снабжен защитным кожухом из полиэфирной смолы. Такой кронштейн-изолятор обладает повышенной изоляционной прочностью, износоустойчивостью, легкостью и простотой конструкции.

На центральном диспетчерском пункте установлено табло со световой схемой всех линий метрополитена, отражающей поездное положение на участке. На заданный график движения автоматическими самопишущими приборами наносится фактическое его исполнение.

Центральный диспетчерский пункт управления оборудован радио- и телефонной связью с поездами и со всеми станциями, а также с диспетчерскими пунктами автобусных и трамвайных линий, что дает возможность в случае необходимости организовать движение дополнительного числа автобусов и трамваев.

Подвижной состав метрополитена состоит только из моторных вагонов. Есть вагоны с двумя кабинами и с одной кабиной управления.

Необычная для метрополитена ширина (3200 мм) заимствована у подвижного состава, эксплуатируемого на линиях пригородных железных дорог.

Она обеспечивает значительное увеличение числа мест для сидения, повышая тем самым комфортабельность перевозок.

Подвижной состав оборудован системой автоведения и тиристорного регулирования.

В качестве служебного используется реостатное торможение при независимом возбуждении обмоток двигателей.

В качестве вспомогательной служит пневматическая система торможения, оборудованная устройством «мертвого человека» и аварийной системой экстренного торможения.

Учитывая суровые климатические условия, для отстоя подвижного состава сооружено крытое депо, рассчитанное на 120 вагонов, а в районе станции Руен расположены центральные вагоноремонтные мастерские.

В центре города сооружен четырехпутный тоннель. Два пути его используются государственными норвежскими железными дорогами для соединения Восточного и Западного вокзалов, а два других — подвижным составом метрополитена.

Линия второй очереди метрополитена протяженностью около 10 км (в двухпутном исчислении) построена в восточной части города и имеет 9 станций.

Принято решение о продлении этой линии в западном направлении на 0,5 км. Это позволит связать все конечные станции линий метрополитена с расположенными в центре города станциями пригородных железных дорог.

### **§ 31. Метрополитен Глазго (Шотландия)**

В 1969 г. было принято решение о реконструкции метрополитена Глазго, построенного в 1896 г. Необходимость реконструкции была вызвана затоплением отдельных станций и участков пути грунтовыми водами и продавливанием грунта через трещины в сводах и стенах тоннелей.

В ноябре 1979 г. после 3-летней реконструкции была вновь открыта кольцевая линия метрополитена протяженностью 10,5 км с 15 станциями. Эта линия связывает два городских железнодорожных вокзала и составляет единую сеть с пригородными железными дорогами и городским наземным транспортом.

Трасса метрополитена проходит в водоносных песчаных грунтах на глубине 7 м. При ее прокладке использовались конструкции и сваи из дерева, которые под воздействием сырости и нагрузки во многих местах разрушились. Поэтому при модернизации на всех 15 станциях деревянные конструкции были заменены на железобетонные, а также была создана современная дренажная система по отводу грунтовых вод.

Согласно плану реконструкции одни станции были расширены и отремонтированы без значительных изменений, другие построены с учетом возросшего пассажиропотока.

Из-за небольшого габарита тоннеля устройства СЦБ и связи выполнены по индивидуальным проектам. Так, в тоннелях с металлическими тьюбингами сигналы установлены на зажимных консолях, прикрепленных к ребрам тоннельной обделки. В тоннелях с бетонной обделкой сигнальные консоли прикреплены к ней с помощью специальных устройств.

Метрополитен работает в режиме полного автоматического управления поездами, при котором выбор оптимальной скорости на перегоне осуществляется по сигналам, поступающим из контрольных пунктов, размещенных по всей трассе.

Машинист принимает участие в управлении лишь при отправлении поезда со станции. Трогание поезда после его остановки на перегоне осуществляется автоматически при включении разрешающего показания светофора. В целях повышения безопасности движения предусматривается возможность экстренного автоматического торможения при следовании поезда на запрещающий сигнал светофора.

Для связи машиниста с диспетчерским пунктом, расположенным в депо, используется радиосвязь. Контроль местонахождения поездов осуществляется диспетчером с помощью мнемосхемы, управляемой сигналами, поступающими по рельсовым цепям. На каждой станции установлены телекамеры, которые передают информацию на центральный диспетчерский пункт, контролирующий все 15 станций.

Кроме того, на каждой станции есть отдельная автоматическая телеустановка, позволяющая наблюдать за работой и состоянием различных участков станции: автоматических контрольных пунктов, верхних и нижних гребенок эскалаторов, платформ, вестибюлей и др.

## § 32. Метрополитены КНР

В Пекине в 1984 г. была открыта для пассажиров вторая линия метрополитена, идущая с востока на запад и имеющая протяженность 16,1 км. Трасса этой линии вместе с трассой первой линии, пущенной в эксплуатацию в 1971 г., образует кольцеобразную схему метрополитена с одним ответвлением.

Первая линия метрополитена протяженностью 23,6 км с 17 станциями была сооружена методом «закрытой выемки». На линии с 5<sup>00</sup> утра до 23<sup>00</sup> вечера ежедневно обращается 130 поездов, состоящих из 4 вагонов. Минимальный интервал между поездами — 240 с в часы пик и 6—8 мин в другое время суток. Планируется увеличить длину состава поезда на один-два вагона.

Новая линия имеет 12 станций, ее максимальная пропускная способность 40 пар поездов в час. В составе поезда 6 вагонов. Провозная способность в одном направлении 45 тыс. пассажиров в час.

На новой линии вводится автоматическое управление движением поездов, осуществляемое с помощью двух ЭВМ.

Для обеспечения надежности в случае выхода из строя обеих ЭВМ имеются устройства для полуавтоматического управления движением поездов, а в случае неисправности полуавтоматики используются устройства ручного управления, имеющиеся на каждой станции.

Другими особенностями новой линии являются: более просторные вестибюли и перроны станций, разнообразный интерьер, устройства защиты от шума и хорошее освещение.

Все платформы на новой линии — островного типа, имеют среднюю длину от 93,3 до 103,3 м и ширину 13,1 м.

Из 12 станций на 6 устроены пересадочные узлы. По Пекинскому кольцу обращаются составы из четырех-пяти вагонов, имеющих 60 сидячих мест и максимальную вместимость 180 человек. Максимальная скорость — 70 км/ч, а средняя эксплуатационная — 40 км/ч.

Использование звукопоглощающих материалов снизило уровень шума до 70—75 дБ вместо 75—80 дБ на станциях первой линии. Глубина заложения станций — от 12 до 18 м. На станциях установлено 13 эскалаторов.

В Пекине разрабатывается проект перспективного развития сети метрополитена длиной около 200 км, одна из линий которого должна пройти вдоль главной улицы столицы. Другая линия должна соединить северо-западную часть существующей кольцевой линии с Летним дворцом — местом на окраине Пекина, наиболее часто посещаемым туристами.

Вторым городом Китая, имеющим метрополитен, стал новый современный портовый город Тяньцзинь с населением 3 млн. человек. Строительство первой линии методом «закрытой выемки» началось в 1970 г. из центра города до железнодорожного вокзала.

В настоящее время на линии метрополитена обращаются 12 поездов с 6<sup>00</sup> утра до 20<sup>00</sup> вечера с интервалом 30 мин. Эксплуатируемую линию протяженностью 5,2 км планируется продлить до 7,4 км. Намечено строительство новой 8-километровой линии, соединяющей центр города с промышленными районами на юге.

В Шанхае началось строительство 13,5 км линий метрополитена. Линия протяженностью 6,5 км с семью станциями сооружается в Харбине. Планируется строительство метрополитена в Гуанчжоу.

### § 33. Метрополитен Калькутты (Индия)

В Калькутте, одном из крупнейших городов Индии, в октябре 1984 г. был принят в эксплуатацию первый участок Бхованнур — Эспланде протяженностью 4 км с пятью станциями. В ноябре 1984 г. был открыт второй участок Белгашна — Дам — Даль протяженностью 2 км. Эти участки являются составляющими одной строящейся линии «север — юг» протяженностью 16,4 км.

Сейчас первый участок перевозит около 16 тыс. пассажиров в сутки, к 1990 г. после пуска всей линии пассажиропоток возрастет до 1,7 млн. пассажиров в сутки. В настоящее время на изолированном участке эксплуатируется одна четырехвагонная секция. Продажа билетов производится кассирами, что для небольшого потока пассажиров оправдано. К моменту пуска всей линии пропуск значительно возрастающего пассажиропотока будет производиться с использованием турникетов, обеспечивающих автоматический сбор платы за проезд.

Строительство линий и подготовка эксплуатационного персонала осуществляется с помощью Советского Союза. Первые метropоезда повели машинисты, которые проходили обучение на Московском метрополитене.

Подвижной состав строится на заводах Мадрасской фирмы Интеграл Кауч Фэктори. Каждый вагон имеет 54 места для сидения и 250 мест для стояния, длина вагонов — 19,5 м, ширина — 2,75 м. Трудности ввода всей линии в эксплуатацию вызваны в основном слабыми грунтами, в которых под воздействием воды образуются пустоты, не раз приводившие к авариям.

Стоимость строительства — около 8—8,5 млрд. рупий (около 900 млн. руб.). Линии электрифицируются на постоянном токе напряжением 750 В с питанием э. п. с. от третьего рельса.

### § 34. Метрополитены Сеула и Пусана (Южная Корея)

**Метрополитен Сеула.** В настоящее время 8-миллионный Сеул имеет единую высокопроизводительную транспортную систему, которая состоит из четырех линий метрополитена и электрифицированной пригородной железной дороги.

Первая линия метрополитена Сеула длиной 10 км была открыта в августе 1974 г. и стала соединительным звеном между пригородными железнодорожными линиями. Для обеспечения сквозного проезда по железным дорогам и линиям метро поезда оборудованы двумя системами энергопитания, рассчитанными на переменный ток напряжением 25 кВ и постоянный ток напряжением 1500 В.

Вторая линия метрополитена Сеула — кольцевая, имеет длину 49 км и 43 станции.

Последняя очередь этой линии была открыта в декабре 1983 г.

Вторая линия не связана с железной дорогой, поэтому поезда получают электроэнергию только от источника постоянного тока напряжением 1500 В. Для токосъема на открытых и подземных участках используется контактный провод, укрепленный к своду тоннеля.

После двух лет эксплуатации в 1976 г. первая линия стала приносить доход в связи с ростом пассажироперевозок до 300 млн. человек в год. В 1978 г. годовые доходы от продажи билетов покрывали не только эксплуатационные расходы, но и компенсировали часть капитальных затрат на строительство новых линий.

Ведется строительство третьей и четвертой линий общей протяженностью 57 км, которые должны пересекаться в центре города на станции Чунгмуру. В центре города будет построено еще четыре станции в нескольких уровнях для осуществления пересадок на разные линии.

Планируется, что на третьей и четвертой линиях будут курсировать 10-вагонные составы с интервалом 120 с.

Вагоны имеют длину 19,5 м, ширину 3,18 м, продольное расположение кресел. С каждой стороны имеется 4 двухстворчатые



раздвижные двери. Максимальная вместимость вагона — 360 чел., участковая скорость — 35 км/ч, а максимальная скорость — 100 км/ч. Вагоны оборудованы устройствами тиристорного регулирования, кондиционирования и принудительной вентиляции.

На пульте управления в кабине машиниста указывается допустимая скорость, при ее превышении включается автоматическое торможение. Между центром управления и машинистами установлена радиосвязь.

Как и на первых линиях, поезда будут получать электроэнергию от источника постоянного тока 1,5 кВ через контактный провод, закрепленный на своде тоннеля.

Колея рельсового пути — 1435 мм, рельсы (50 кг/м) уложены на бетонные шпалы, заглубленные в балластный слой из щебня.

**Метрополитен Пусана.** Во втором по величине городе Южной Кореи Пусане проживает более 3 млн. человек. Ожидается, что к 2001 г. население города увеличится до 5,8 млн. человек. Пусан является важнейшим морским портом, через который осуществляется 60% объема государственной торговли.

Разработан проект строительства 100-километровой высокопроизводительной сети метрополитена. Осуществление проекта рассчитано на 20 лет.

Строительство началось в сентябре 1980 г. и будет завершено к 2000 г.

Предполагается, что к моменту завершения строительства метрополитен Пусана будет осуществлять 60% всех городских пассажирских перевозок.

На первом этапе намечена эксплуатация 6-вагонных составов, а по мере роста перевозок на линиях начнут курсировать 10-вагонные составы.

Средняя длина перегона составляет 950 м, что делает возможной реализацию высоких скоростей — до 80 км/ч.

Предполагаемый объем перевозок ожидается меньшим, чем в Сеуле, в связи с чем здесь будут эксплуатироваться вагоны меньших размеров. Длина вагона составит 18 м, а ширина — 2,78 м.

## § 35. Строящиеся линии метрополитенов

**Будапешт (ВНР).** В октябре 1984 г. сдан в эксплуатацию новый участок длиной 1,6 км с двумя станциями. Продолжается строительство подземных участков Будапештского метрополитена. В 1988—1989 гг. планируется пуск еще двух участков общей длиной 7,2 км с семью станциями. В 1991—1993 гг. будет закончено строительство новой линии длиной 3,3 км. Генеральным планом строительства метрополитена предусмотрено сооружение четырех линий общей протяженностью 75—80 км.

**Варшава (ПНР).** Здесь строится первая линия метрополитена длиной 23 км с 23 станциями. Проходка в районах сплошной городской застройки ведется щитовым способом. Участок длиной 12 км планируется сдать в эксплуатацию в 1990 г., еще 4,5 км — в 1992 г. и 6,5 км — в 1994 г. При пропускной способности 38 тыс. человек в час в каждом направлении линия обеспечит около 25% объема городских пассажирских перевозок.

Предполагается использование вагонов советского производства, которые будут двигаться с максимальной скоростью 90 км/ч (коммерческая скорость — 38 км/ч) с минимальным интервалом 150 с. Генеральным планом предусмотрено сооружение в Варшаве четырех линий метрополитена общей протяженностью 87 км.

**Манчестер (Великобритания).** Городскими властями рассмотрен проект переоборудования шести пригородных железнодорожных линий в линии метрополитена. На границе делового центра города предусмотрено слияние линий попарно в три станции. Соединительные перегоны между ними будут проложены по поверхности, так как строительство тоннелей в центре города потребует значительных дополнительных затрат времени и материальных средств. В наземном варианте работы будут завершены в течение 5 лет. На метрополитене будет задействована 61 станция, в том числе несколько пересадочных станций, обеспечивающих связь с железнодорожными линиями.

Максимальная скорость движения поездов — 80 км/ч, минимальный интервал — 200 с. Электроснабжение будет обеспечено на постоянном токе напряжением 1,5 кВ (на внеуличных участках) и 750 В (на улицах).

**Гетеборг (Швеция).** В 1983 г. была сдана в эксплуатацию первая очередь восьмой линии метрополитена, которая временно эксплуатируется как линия скоростного трамвая. Дополнительный путь уложен на участке длиной 2,5 км с ответвлениями от шестой и седьмой линий, что позволяет пропускать часть поездов с этих линий по кратчайшему пути к центру города. В ближайшее время строительство дополнительных путей будет продолжено. Изучается возможность продления второй и пятой линий в район Бакка, который расположен в 4 км к северу от центра города и обслуживается только автобусами.

**Стокгольм (Швеция).** Здесь завершены работы на новом подземном участке метрополитена длиной 6 км с пятью станциями. Рассматривается возможность сооружения еще нескольких участков метрополитена.

**Каир (АРЕ).** Среди многих метрополитенов мира одним из интереснейших будет первый на Африканском континенте Каирский метрополитен.

Строители прокладывают под улицами первые 4 км подземной магистрали Большого Каира с шестью станциями. Первый участок

связет вокзал железнодорожной станции Кубри Лимун и вокзал Рамзес с южной частью города Саджеда Сейнаб.

Первая главная подземная станция уже заложена под площадью Тахрир недалеко от долины Нила. Эта станция расположена в двух уровнях, что позволит в дальнейшем организовать пересадку пассажиров на новые строящиеся линии.

Проектом предусматривается первую линию длиной 42 км построить для перевозки пассажиров из южной в северо-восточную часть города. Она свяжет два пригородных железнодорожных участка.

После постройки метрополитена пригородная железная дорога южной части города свяжет районы Саджеда Сейнаб и Старый Каир с индустриальным центром Хелуан, где проживает более 100 тыс. человек, работающих на металлургическом заводе, построенном с помощью и участием Советского Союза.

На картах Каира Южная пригородная железная дорога, идущая по городу, часто отмечалась как метрополитеновская, вот почему бытует мнение, что в Каире существует метро.

Этому способствовала также проведенная реконструкция участков этой линии, где взамен обветшавших подземных переходов были построены мостовые пешеходные переходы, позволившие увеличить скорости движения и уменьшить интервал между поездами до 4 мин, т. е. приблизить его к условиям метрополитена.

Строительство подземных линий ведется с учетом особенностей грунта египетской столицы. Почва Большого Каира илистая, толщина ила превышает 10 м. Это результат деятельности нильских вод. Над этими почвами находится песок и щебень.

В таких условиях строительство тоннелей глубокого заложения экономически нецелесообразно и, кроме того, осложнило бы привязку линий метрополитена к пригородным линиям железной дороги. Поэтому метрополитен строился способом мелкого заложения.

Строительство велось французскими специалистами, имеющими достаточный опыт в этой области. Проектом французских инженеров предусматривалось закрытие движения на улицах, где проходила трасса, не более чем на 6 мес. Сооружение тоннеля осуществлялось поэтапно. Вначале производилась выемка грунта по всему сечению будущего тоннеля. Затем по обеим сторонам тоннеля сооружались глубокие траншеи для бетонирования его стен. После затвердевания бетона монтировались отдельные элементы сборной обделки, а затем велись работы по устройству дорожного полотна твердого покрытия улиц.

После возобновления движения по улицам, строительство под землей продолжалось: подготавливались трассы, укладывался путь, строились станции, монтировалось оборудование.

Подобный метод сооружения метрополитена весьма интересен и заслуживает изучения и распространения, в том числе и у нас при строительстве тоннелей мелкого заложения, так как гаранти-

рует сохранность окружающих зданий, а при мягких почвах предохраняет от оползней. Особого внимания заслуживают сравнительно небольшие сроки закрытия улиц для движения автотранспорта.

Сооружение первого участка планировали начать еще в 60-е годы. Еще тогда советские специалисты вместе с египетскими инженерами разработали оптимальную транспортную схему, которой предусматривалось строительство скоростной подземной магистрали. Однако война с Израилем помешала осуществлению этой программы.

На первом этапе планируется ввести в эксплуатацию только 4 км участка метрополитена. Дальнейшее строительство может затянуться, поскольку проблемы финансирования работ окончательно не решены.

**Тунис.** Первая линия Тунисского метрополитена длиной 8,1 км принята в эксплуатацию в 1984 г. Всего в Тунисе генеральным планом предусмотрено построить 4 линии общей длиной 26 км. Вторая линия длиной 7,4 км сдана в эксплуатацию в 1985 г., остальные две намечено ввести в 1988 г.

**Багдад (Ирак).** Заключены контракты на рабочее проектирование первой очереди метрополитена в Багдаде. Проектом предусмотрено сооружение двух подземных линий общей длиной 32 км с 36 станциями. Половину длины тоннелей намечено пройти щитовым методом, вторую часть — открытым способом. Электропитание предусмотрено от подвесной контактной сети постоянным током напряжением 1500 В. Строительство начато в 1985 г. По проекту первая очередь метрополитена к 1990 г. будет перевозить ежедневно около 150 тыс. человек, а к 2000 г. — до 1 млн. человек. Проектируется вторая очередь длиной 11 км с 10 станциями. На более отдаленную перспективу запланировано строительство третьей очереди метрополитена.

**Бразилия.** В Белу-Оризонти ведется строительство первой очереди наземной линии метрополитена. Вступает в эксплуатацию первый участок длиной 12 км с семью станциями. Параллельно путям метрополитена, имеющим колею 1600 мм, проложен отдельный путь для грузовых поездов. Электропитание предусмотрено от подвесной контактной сети на постоянном токе напряжением 3000 В. В 1987—1988 гг. намечено сдать в эксплуатацию еще один участок с пятью станциями, а в 1990—1991 гг. участок с тремя станциями. Строительство второй очереди метрополитена с семью станциями запланировано на перспективу и должно быть закончено к 2000 г.

В Порту-Алегри на завершающей стадии строительства находится первая очередь наземного метрополитена длиной 27,7 км с 15 станциями.

**Каракас (Венесуэла).** Первая линия метрополитена в Каракасе в 1983 г. (первый год эксплуатации) обеспечила перевозки 55 млн. чел., а в 1984 г. уже 80 млн. В стадии строительства нахо-

дятся новый участок первой линии длиной 9,4 км и вторая линия длиной 14 км. Разрабатывается проект третьей линии длиной 18 км и ответвлений от второй линии длиной 9 км.

**Манила (Филиппины).** В конце 1984 г. принята в эксплуатацию первая эстакадная линия метрополитена в Маниле длиной 15 км с 18 станциями, которая строилась 2,5 года. Линия включает в себя большой мост через реку Пасиг. Проектом предусмотрено сооружение еще одной диаметральной и кольцевой линий метрополитена, который после ввода их в эксплуатацию будет иметь общую протяженность около 50 км с 50 станциями.

**Бангкок (Таиланд).** Проектируется строительство метрополитена в Бангкоке, необходимость которого обусловлена быстрым ростом населения города (к 1990 г. число жителей достигнет 8,3 млн. чел.). Предложен проект трех линий общей длиной 61 км. Ввиду сложности инженерно-геологических условий предусмотрено сооружение лишь одного подземного участка длиной 1 км под историческим памятником, а все остальные линии пройдут по эстакадам. Минимальный радиус кривых 300 м, в отдельных случаях — 200 м. Путь запроектирован на железобетонных шпалах и обычном балласте. Электроснабжение будет обеспечиваться через третий рельс на постоянном токе напряжением 1,5 кВ. По прогнозам уже в первый год эксплуатации метрополитен будет перевозить свыше 2 млн. человек в день, а в 2005 г. — до 3,6 млн. человек в день.

Продолжается развитие метрополитенов многих городов мира. Несмотря на некоторое сокращение количества пассажиров, перевозимых метрополитенами, из-за дороговизны проезда этот вид городского транспорта по-прежнему пользуется большой популярностью. Даже в таких странах, как США, Бразилия, Канада, где затруднена конкуренция с автомобилями и автобусами, строительство скоростного рельсового транспорта признано наилучшим решением проблемы городских перевозок. Долгосрочные прогнозы утверждают, что развитие метрополитенов будет идти с нарастающими темпами.

## § 36. Подвижной состав метрополитенов

**Общие сведения.** В мировой практике метровагоностроения нашли широкое применение решения, соответствующие современному уровню технического развития. Это относится к кузовам вагонов, выполненным из легких сплавов или нержавеющей стали, тележкам вагонов, конструкциям тягового привода. Широкое применение нашла также система тиристорного регулирования частоты вращения электродвигателей постоянного и переменного тока.

Повышение надежности технических средств способствовало более строгому соблюдению графиков движения, поэтому, несмо-

тря на растущую стоимость проезда, повысилась престижность метрополитена, что, в свою очередь, привлекло дополнительных пассажиров.

Одним из важнейших новых конструктивных решений является оборудование вагонов **асинхронным тяговым двигателем**.

Асинхронные двигатели просты по конструкции и надежны в эксплуатации, поскольку не имеют коллекторно-щеточного узла.

Идея использования асинхронных двигателей на подвижном составе не нова. Испытания асинхронных двигателей были проведены еще в 1892 г., однако в те времена их широкое применение не могло быть реализовано из-за несовершенства сопутствующих технических решений. В 70-х годах нашего столетия к этой идее вернулись прежде всего из-за простоты и перспективности асинхронного двигателя. Этому способствовали также новейшие достижения в области электроники.

Ротор асинхронного двигателя состоит из стержней, связанных между собой двумя кольцами. В нем нет слабых узлов, поэтому частота вращения может быть увеличена по сравнению с частотой вращения якоря двигателя постоянного тока. В результате масса двигателя может быть снижена.

Однако для управления асинхронным двигателем требуется иметь дополнительный преобразователь частоты питающего напряжения, выполняемый обычно на базе инверторной установки (инвертора).

На вагонах с асинхронными двигателями Парижского метрополитена установлены два двигателя мощностью по 250 кВт и два инвертора. Силовая цепь нового вагона более проста, так как инвертор обеспечивает тяговый и тормозной режимы и изменение напряжения на двигателе без переключений в силовой цепи.

Внедрение асинхронного двигателя на подвижном составе метрополитенов дает значительную экономию электрической энергии, повышает надежность электрических цепей, упрощает конструкцию и эксплуатацию вагонов.

Далее будут рассмотрены некоторые особенности новых вагонов, используемых на метрополитенах ФРГ и Японии.

**Подвижной состав Токийского метрополитена.** В середине 60-х годов японские машиностроители выпустили новые вагоны с тиристорно-импульсным регулированием и рекуперативным торможением. Кузова этих вагонов были выполнены вначале из сплавов алюминия. В настоящее время кузова изготавливаются из нержавеющей стали, что значительно повышает их надежность.

Подвижной состав строится для колеи 1067 мм и 1435 мм и рассчитан на напряжение 1500 В.

Ускорение при разгоне —  $0,9-1 \text{ м/с}^2$ , среднее замедление при рабочем торможении —  $1-1,1 \text{ м/с}^2$ , при экстренном —  $1,25-1,4 \text{ м/с}^2$ , конструктивная скорость — 100 км/ч. Освещение в вагонах люминесцентное, имеются потолочные вентиляторы, а на некоторых новых вагонах установлены кондиционеры. Но даже при

этих условиях в вагонах душно из-за низких потолков на станциях, большого количества пассажиров и жаркого климата. Масса вагона с алюминиевым кузовом прицепного — 22,5—26,3 т, моторного — 33—35,8 т; при кузовах из нержавеющей стали масса прицепного вагона около 30 т, моторного — около 40 т.

Применение алюминиевого кузова позволяет экономить до 10% электроэнергии (за счет меньшей массы), однако шлифовка кузова требует значительных трудовых затрат. Кузова из нержавеющей стали не требуют шлифовки, более прочны и пожаростойчивы. Сейчас проведен ряд работ, позволивших снизить массу кузова из нержавеющей стали до массы алюминиевого кузова. Применены новые технические решения, повышающие прочность и жесткость конструкции в районе дверных и оконных проемов.

Взамен одностворчатых дверей, имевшихся у старых вагонов, новые вагоны оборудованы раздвижными двустворчатыми дверями шириной проема 1,2 м. В аварийных ситуациях пассажиры могут выйти из вагона через кабину машиниста и специальные двери в передней стенке кабины, которые могут опрокидываться, превращаясь в лестничные сходы со ступеньками и поручнями. Привод этих дверей — пневматический.

Для снижения уровня шума на стены вагона наносят слой полиуретана, а полы покрывают шумопоглощающими ковриками толщиной 20 мм.

Над дверями вагонов расположены информационные панели, выполненные на светодиодах. При подходе поезда к станции, на панели высвечивается название станции, загорается стрелка, указывающая направление движения, и начинают мигать зеленые вертикальные полосы над той дверью, через которую следует выходить. Кроме того, пассажир получает дополнительную информацию по громкоговорящей связи.

Тележки подвижного состава двухосные, рассчитаны для движения со скоростями до 160 км/ч. Рамы тележек Н-образные, сварные, комплектуются из штампованных элементов толщиной 8—10 мм. Колесные пары — цельнокатаные диаметром 760—850 мм.

Редуктор — неразъемный со стальным корпусом, имеет массу 400 кг. Он подвешивается с помощью вертикального болта, крепящегося к раме и редуктору с помощью резиновых элементов. Для спрессовки колес и шестерни оси в ступицах делается специальная проточка и канал, закрываемый специальной пробкой. Заземляющий элемент установлен на кольце, которое закрыто кожухом с вмонтированным в него гнездом для медно-графитовых щеток. Конструкция надежна, износоустойчива, поскольку не имеет шарнирных соединений, ремонтпригодна и проста в эксплуатации.

Муфта тягового привода — жесткая, массой 40 кг, длиной 287 мм и диаметром 265 мм. Она применяется для двигателя мощностью до 180 кВт и вращающим моментом 200 кг·м.

В конструкциях тележек последних лет выпуска предусмотрено по два тормозных цилиндра на колесе, что уменьшает число деталей передачи. Тележка имеет устройства, предотвращающие падение деталей на путь при их изломе.

Тяговое усилие передается на кузов вагона через тормозную тягу с резиновыми элементами или через шкворень и параллелограмм (в конструкциях последних лет выпуска).

Наиболее распространенным типом первичного подвешивания является шпинтонное, в сочетании с которым применяют обычные или обрезиненные цилиндрические витые пружины.

Вторичное подвешивание выполняется с применением пневморессор диафрагменного типа и гидравлических гасителей колебаний, расположенных горизонтально. Тележки последних выпусков не имеют бруса центрального подвешивания. Пневморессоры устанавливаются на седлообразные боковые рамы.

Пневматическое оборудование подвижного состава состоит из мотор-компрессора, систем торможения, управления дверями и управления пневморессорами.

Один мотор-компрессор обслуживает два-три вагона. Компрессоры — двухступенчатые с небольшим уровнем шума и производительностью 2000 л/мин. Привод компрессора осуществляется от асинхронного двигателя мощностью 15 кВт.

Пневматические приборы сконцентрированы в одной группе под пыленепроницаемой оболочкой. Состояние пневмооборудования контролируется средствами технической диагностики с помощью специальных датчиков.

Внедрение тиристорно-импульсных регуляторов позволило применить специальные тяговые двигатели с высоколежащими характеристиками полного возбуждения, что с учетом рекуперации дает экономию электроэнергии до 25—30%.

Широкое применение нашел также тяговый двигатель с независимым возбуждением, имеющий хорошие коммутационные характеристики. Такой двигатель с компенсационной обмоткой имеет высокую тормозную характеристику и возвращает в сеть до 80% генерируемой электроэнергии. Мощность такого двигателя — 120 кВт, удельный весовой показатель — 6,6 кг/кВт, скорость выхода на автоматическую характеристику — 35 км/ч при полном возбуждении и 70 км/ч — при ослабленном.

Для защиты силовых цепей двигателей от аварийных режимов на каждом вагоне установлены быстродействующие выключатели, заблокированные с линейными контакторами. При недопустимом увеличении тока выключатель срабатывает и через 0,1 с ограничивает ток до номинального.

На всех вагонах установлена быстродействующая защита от перенапряжения в сети. При значительном повышении напряжения включается тиристор и переключает конденсатор фильтра



на сопротивление, которое последовательно с тиристором подключено к резистору, шунтирующему контакты быстродействующего выключателя. При включении тиристора защиты от повышенного напряжения занижается уставка отключающей катушки быстродействующего выключателя и через 10 мс выключатель срабатывает. Такая система защиты установлена на вагонах с тиристорно-импульсными регуляторами, работающими в режиме рекуперации.

В целях повышения эффективности рекуперации и уменьшения тепловыделения согласующее сопротивление в цепи тяговых двигателей и тормозные резисторы не устанавливаются.

Для управления вагонами, оборудованными асинхронными тяговыми двигателями и тиристорно-импульсными преобразователями, установлены микропроцессоры. Такое решение позволило обеспечить непрерывный контроль состояния схемы, выявить нарушения нормальной работы и выводить информацию о них на дисплей машиниста.

Особый интерес представляет диагностическое оборудование, созданное в связи с началом эксплуатации вагонов с тиристорно-импульсными регуляторами и поездной автоматикой. Оно состоит из передвижных устройств по проверке тиристорных регуляторов, контактных схем, систем пневматического оборудования и автоматики. Составной частью этих устройств является печатающее устройство и микропроцессор. В депо и на ремонтных заводах имеются специальные диагностические стойла, оборудованные ЭВМ, пультом управления с дисплеем, блоком памяти и печатающим устройством.

Ведущие фирмы Японии продолжают научные исследования, направленные на более широкое внедрение асинхронных тяговых двигателей, повышение скоростей движения и улучшение предельных очертаний подвижного состава (габарита).

Подвижной состав Японских метрополитенов в связи с применением новейших технических решений имеет ряд преимуществ, главными из которых являются: повышенная пожаробезопасность; экономичность (до 30% экономии электрооборудования); высокая надежность и ремонтпригодность; значительный срок службы отдельных узлов и деталей без ремонта и замены смазки; возможность эксплуатации подвижного состава на линиях с уклоном до  $60^{\circ}/\text{‰}$ ; низкий уровень эксплуатационных расходов.

**Подвижной состав метрополитенов ФРГ.** В кузовах вагонов метрополитена нашли широкое применение легкие алюминиевые сплавы, в конструкции тележек — новые системы подвешивания, а в конструкции тягового привода — одноmotorные тележки с опорно-рамным подвешиванием двигателя и редуктора. Для регулирования тока электродвигателей используются тиристорные преобразователи.

На метрополитенах ФРГ за основу принята двухвагонная секция с кабинами управления по обоим ее концам.

Такая секция имеет следующие технические характеристики:

Длина секции . . . . .	37 150 мм
» вагона . . . . .	18 000 мм
База вагона . . . . .	12 000 мм
Ширина . . . . .	2 900 мм
Высота . . . . .	3 530 мм
Высота пола от уровня головок рельсов . . . . .	1 100 мм
Число мест для сидения . . . . .	98
Число стоячих мест из расчета 8 чел. на 1 м <sup>2</sup> . . . . .	384
Вместимость секции . . . . .	482 чел.
Масса секции без пассажиров . . . . .	51,7 т
Масса секции с пассажирами . . . . .	83 т
Ускорение . . . . .	1,3 м/с <sup>2</sup>
Замедление . . . . .	1,3 м/с <sup>2</sup>
Напряжение в контактной сети . . . . .	750 В
Число тяговых двигателей . . . . .	4
Суммарная мощность тяговых двигателей . . . . .	720 кВт
Максимальная скорость . . . . .	80 км/ч

Соединение двухвагонных секций в поезд осуществляется при помощи автосцепки.

Четыре боковых токоприемника секции соединены между собой и обеспечивают непрерывный токосъем на всем пути. Оба вагона секции имеют общую аккумуляторную батарею и общую пневмосистему.

Под каждую двухвагонную секцию подкатываются четыре одномоторные тележки. Современная тележка имеет следующие технические характеристики:

База . . . . .	2100 мм
Диаметр колес . . . . .	900 мм
Масса тележки . . . . .	6,4 т

Тележка — одномоторная, привод на колесные пары осуществляется при помощи продольно расположенных двигателей через одноступенчатую гипондную передачу.

Рама тележки имеет сварную конструкцию, Н-образной формы, состоит из поперечных и продольных балок коробчатого сечения. В конструкции буксового узла фиксаторы резинометаллических рессор установлены в проем рамы с помощью компенсаторов, что позволяет получить высокую точность расположения опорных поверхностей, а следовательно, и параллельность колесных пар в тележке и, как следствие, необходимую разницу в давлениях на рельс от колес с заданными допусками (не более 2%).

Применение резинометаллических рессор позволяет отказаться от буксовых амортизаторов и снизить шум и вибрацию при движении экипажа по рельсовой колее.

Центральное подвешивание осуществляется с помощью пневматических рессор с дополнительным воздушным резервуаром, которые через слои резинового элемента опираются непосредственно на раму тележки.

Между кузовом и тележкой установлены диагонально расположенные горизонтальные поводки с сайлент-блоками, которые крепятся к раме тележки и подшипниковой опоре, закрепленной к кузову вагона.

Подвешивание — бесскользунное, поворотные движения между ходовыми частями и кузовом вагона воспринимаются непосредственно пневморессорами.

Горизонтальное смещение рамы тележки и кузова вагона ограничивается резиновыми упорами. Кроме значительного улучшения ходовых свойств и снижения шума, пневморессоры обеспечивают неизменную высоту пола от уровня головок рельсов.

На тележках использованы дисковые механические тормоза. Колеса — цельнометаллические, имеют литые центры с двойными дисками с напрессованными на них бандажами шириной 130 мм.

При изготовлении кузовов для метрополитенов Нюрнберга и Мюнхена был выбран металл из алюминиевого сплава, который сравнительно хорошо сваривается и после старения при комнатной температуре достигает очень высокой прочности. При этом масса кузова уменьшилась на 3 т.

Алюминиевые материалы устойчивы против коррозии и достаточно прочны. Кузов вагона выдерживает продольную нагрузку 80 т и прогибается на 10 мм при полной нагрузке.

В конструкции этих вагонов применено самое современное механическое и электрическое оборудование. Новая двухвагонная секция имеет следующие механические характеристики:

Длина секции . . . . .	37 550 мм
Ширина вагона . . . . .	2 900 мм
Высота . . . . .	3 550 мм
Высота пола . . . . .	1 100 мм
База вагона . . . . .	12 000 мм
База тележки . . . . .	2 100 мм
Диаметр колес . . . . .	850 мм
Масса секции без пассажиров . . . . .	58,45 т
Масса нагрузки . . . . .	31,5 т
Мощность двигателя . . . . .	185 кВт
Максимальная скорость . . . . .	80 км/ч

Бесколлекторный асинхронный тяговый двигатель имеет два отдельных ротора в одном корпусе и соединен с колесными парами через одноступенчатые гипоидные передачи и две пары резинометаллических муфт с полыми осями.

Двигатель и два редуктора подвешены к раме тележки. При этом колесные пары работают независимо друг от друга; тяговый привод хорошо подрессорен; снижена масса тележки.

Боковые стены салона обшиты трудногораемым слоистым пластиком, пол состоит из многослойных плит, армированных стекловолокном, покрытым поливинилхлоридом. Звуко- и теплоизоляция стен состоит из пробкового изоляционного слоя. Для изоляции пола используются коврики из пробкового пластика.

С обеих сторон каждого вагона имеется по три раздвижные двери с пневматическим приводом, которые в открытом положении имеют ширину проема 1300 мм.

Все устройства управления, которыми пользуется во время движения машинист, размещены на переднем пульте. Другая аппаратура расположена на задней стенке.

Для отопления кабины имеется регулируемый отопительный прибор мощностью 3,5 кВт, расположенный в задней стенке. Предусмотрен также отопительный прибор мощностью 150 Вт, размещенный в нише под пультом управления, а также обогреватель для окон мощностью 860 Вт.

Интересны новые опытные вагоны Мюнхенского метрополитена. Их стены обшиты плитами негорючего декоративного слоистого пластика толщиной 2,5 мм с фанерной основой. Стыки обшивки закрыты алюминиевым анодированным профилем.

Кабина машиниста отвечает современным требованиям. Кресло расположено с левой стороны. Рукоятки управления и контроля, которыми чаще всего пользуется машинист, расположены в зоне досягаемости пальцев рук. Приборы и сигнальные лампы размещены на наклонной плоскости полукругом, освещение их ровное, неослепляющее.

Оборудование (компрессоры, блоки питания и управления и др.) размещено под вагоном в специальных ящиках. Приборные пыле-, влагонепроницаемые ящики выполнены из легкого металла, имеют специальные люки, открывающиеся наружу, что облегчает доступ к оборудованию.

Отопление и вентиляция осуществляется в зимнее время с помощью отопительных термостатов, а летом — с помощью вытяжных вентиляторов, установленных на крыше вагона.

Применяются три вида тягового привода: тиристорно-импульсный, асинхронный, релейно-контакторный.

На долю релейно-контакторных систем приходится 25% производства. Они эксплуатируются на метрополитенах Нюрнберга, Мюнхена и городов других стран — Амстердама, Вены, Барселоны и Лиссабона.

Тиристорно-импульсные системы, на которые приходится около 50% производства, эксплуатируются в метрополитене Западного Берлина, а также Буэнос-Айреса.

Асинхронный привод, несмотря на серьезные преимущества, пока еще не нашел широкого распространения. По данным фирм ФРГ всего в мире эксплуатируется не более 250 вагонов с асинхронным приводом, в том числе около 50 вагонов в Нюрнберге и 15 в Мюнхене (в Вене около 20, в Мадриде 12). Однако указанные метрополитены заказывают новые вагоны только с асинхронным приводом.

По данным западно-германских специалистов, оборудование вагонов асинхронным приводом позволяет экономить 10—15% электроэнергии.

## ОТЕЧЕСТВЕННОЕ МЕТРОСТРОЕНИЕ

### § 37. Советская школа метростроения

В двенадцатой пятилетке продолжается интенсивное строительство новых линий метрополитена во всех городах, где уже действует подземный транспорт. При постоянно возрастающих объемах строительства обеспечивается своевременный ввод объектов в эксплуатацию, что свидетельствует о хороших темпах и организации строительства, о большой помощи подрядным организациям в досрочном вводе метрополитенов со стороны городских органов власти. Строители вовремя получают необходимую проектно-сметную документацию, финансы, оборудование и материалы заказчика. Монтажно-наладочные бригады создаются из высококвалифицированных работников эксплуатационных служб и подразделений. Все это делается не в ущерб строительству других линий и объектов, не являющихся пусковыми.

Несмотря на постоянный рост и напряженность плановых заданий и встречающиеся трудности, неизбежные при высоких темпах работ, строители ежегодно добиваются перевыполнения планов.

Наряду с необходимостью развития сети действующих метрополитенов предстоит также провести комплекс работ по развитию их ремонтно-эксплуатационной базы, реконструкции, техническому перевооружению действующих линий, увеличению их провозной способности, особенно на Московском метрополитене (Горьковско-Замоскворецкая, Калужско-Рижская и Кировско-Фрунзенская линии).

Как известно, в 1985 г. Московскому метрополитену исполнилось 50 лет. За эти годы значительно повысились требования к метрополитенам, возникла необходимость строительства дополнительных входов, расширения наклонных эскалаторных ходов и переходов между станциями, реконструкции устройств энергоснабжения, СЦБ и связи, дальнейшего развития эксплуатационной базы. Эти работы, которые предстоит выполнить строительным организациям Главтоннельметростроя и Главметрополитена, оцениваются в несколько сотен миллионов рублей.

Помимо действующих, строящихся и проектируемых метрополитенов, комплексными схемами городского развития рекомендовано сооружение метрополитенов еще в ряде городов. За последние годы одним из решающих факторов в определении опти-

мальных вариантов и сроков ввода новых линий стал вопрос наращивания строительных мощностей и увеличения поставок чугунных тубингов, эскалаторов, вентиляторов, кабельных и других изделий.

По заданию МПС в 1983 г. Метрогипротрансом разработана «Схема развития и размещения метрополитенов в СССР на период до 2000 года», в которой в увязке с выделяемыми капиталовложениями и с учетом возможности поставок материалов и конструкций, а также с целью ликвидации отставания в развитии ряда действующих метрополитенов и их ремонтно-эксплуатационной базы разработаны рекомендации по оптимальному развитию отрасли. В схеме рассмотрены вопросы строительства и развития метрополитенов в 24 городах: Москве, Ленинграде, Киеве, Тбилиси, Баку, Харькове, Ташкенте, Ереване, Минске, Горьком, Новосибирске, Куйбышеве, Свердловске, Днепропетровске, Риге, Алма-Ате, Ростове-на-Дону, Омске, Уфе, Челябинске, Перми, Одессе, Казани и Донецке. По каждому городу составлены обобщающие материалы.

В 1986—1990 гг. планируется продолжить работы на Московском метрополитене по реконструкции Горьковско-Замоскворецкой линии, выполнить значительный объем работы по реконструкции устройств автоматики на Калужско-Рижской линии, начать сооружение производственно-эксплуатационной базы метрополитена в Борисово, продолжить реконструкцию опытного электромеханического завода с доведением его ремонтных мощностей до 120 эскалаторов в год, провести реконструкцию заводов по производству моторвагонного подвижного состава. В эти же годы намечено строительство предприятия по ремонту эскалаторов в Ленинграде, объединенных мастерских в Киеве, предприятия по ремонту вагонов в Ташкенте.

Напряженная программа развития метрополитенов требует осуществления целого комплекса мероприятий по усилению строительных организаций, снижению сроков и стоимости строительства, улучшению его качества, повышению технического уровня применяемых на метрополитенах технических устройств, конструкций и оборудования.

За последнее время созданы и широко внедряются в практику метростроения сборные железобетонные конструкции: цельносекционные обделки перегонных тоннелей для открытого способа работ; обделки перегонных тоннелей, обжатые в породу; типовые укрупненные унифицированные конструкции перегонных тоннелей, притоннельных и пристанционных объектов, сооружаемых открытым способом работ; сейсмостойкие конструкции станционных и перегонных тоннелей мелкого заложения для районов с сейсмичностью выше 7 баллов.

Внедряются прогрессивные конструкции односводчатых станций мелкого заложения из монолитного железобетона, колонных и колонно-пилонных станций глубокого заложения.

Однако проблема изготовления надежных водонепроницаемых сборных железобетонных обделок еще до конца не решена. Учитывая крайнюю ограниченность в поставках на метрополитены чугунных тьюбингов и возрастающую (в связи с увеличением темпов метростроения) потребность в них, важное значение придается внедрению облегченных конструкций обделок из высокопрочного чугуна. Эти конструкции разработаны, но производство их пока не освоено.

Внедрен способ сооружения тоннелей с монолитно-прессованной обделкой, в связи с чем сокращается расход стали, снижается стоимость и трудоемкость работ. Большое значение имеет внедрение технологии сооружения тоннелей в неустойчивых водонасыщенных грунтах с применением контурного замораживания и водоснабжения, что позволит исключить в ряде случаев проходку тоннелей с применением сжатого воздуха.

Однако, несмотря на широкое внедрение передовых технологий, доля ручного труда в метростроении все еще велика. В области архитектурного оформления станций советское метростроение занимает передовые позиции, однако архитектурно-отделочные работы механизированы слабо. С целью их механизации и экономии дефицитных материалов назрела необходимость создания и применения крупногабаритных, разнообразных по цветовой гамме панелей на искусственной основе, в том числе из огнеупорных пластиковых материалов.

Эксплуатационная надежность и долговечность метрополитена в большей степени зависит от качества строительства. Тоннельные и станционные сооружения строятся и эксплуатируются в очень сложных геологических и гидрогеологических условиях, зачастую располагаются в неустойчивых грунтах (плывунах), в агрессивных подземных водах, в сейсмических зонах. Одновременно несущие конструкции тоннелей и станций подвергаются динамическим нагрузкам от движущихся поездов. Если учесть особую ответственность сооружений метрополитена, то становятся вполне очевидными те жесткие требования, которые предъявляются к качеству их строительства нормативными документами и заказчиком. Однако качество строительства в ряде случаев еще не достигло требуемого уровня.

Следует отметить, что проблема качества строительства метрополитенов является многоотраслевой. Ее решение зависит от многих министерств и ведомств, но в первую очередь — от заказчика, генподрядчика и поставщиков строительных конструкций и материалов.

МПС совместно с Минтрансстроем разработали основные направления проектирования метрополитенов на 1986—1990 гг. Они содержат задания по использованию в проектах метрополитенов современных научно-технических достижений в области технологии производства, предусматривают меры по обеспечению повышения уровня проектирования, максимальной типизации проектных

решений на базе унификации объемно-планировочных, конструктивных и технологических решений узлов, конструкций и изделий, усиления роли и качества проектов организации строительства за счет внедрения сетевых графиков и поточных методов производства работ.

Предусматривается значительное сокращение материалоемкости в строительстве, совершенствование заводской готовности конструкций, повышение механизации и индустриализации строительства, расширение внедрения прогрессивных технических решений, направленных на усиление качества строительства, увеличение оснащенности строительства механизмами, разработка комплексной программы сокращения ручного труда, расширение применения инвентарных индустриальных временных зданий и сооружений, совершенствование производства бетонных, арматурных и отделочных работ. Успешное выполнение этих заданий позволит осуществить развитие метрополитенов в рекомендуемых объемах.

Особого подхода требует решение проблемы развития метрополитенов в городах-гигантах, таких как Москва. Как известно, сейчас появилась необходимость строительства микрорайонов столицы, находящихся на значительном удалении от центра и от районов расположения промышленных и транспортных организаций. Поэтому предложения ряда научно-исследовательских институтов о строительстве специальных скоростных радиусов из районов пригородной зоны и городов-спутников Москвы вызывают оправданный интерес. Скоростные линии позволят ускорить доставку пассажиров из пригородных зон, разгрузят железнодорожные пригородные линии, создадут благоприятные условия для работы городского наземного транспорта.

На новых скоростных линиях должна быть реализована максимальная скорость 120—130 км/ч, что требует специальных работок и углубленного изучения проблем скоростного движения на метрополитенах.

Требуется создать новые элементы верхнего строения пути, более совершенные скоростные вагоны. Вопросы строительства в городах-гигантах скоростных наземно-подземных линий метрополитена заслуживают самого пристального внимания и изучения.

Технология сооружения транспортных тоннелей под защитой опережающего свода является в нашей стране новой и перспективной, особенно при пересечении тоннелями зон геологических нарушений, прежде всего на участках тектонических разломов, заполненных несвязным грунтом.

Полувековой опыт строительства сложнейших инженерных сооружений в различных условиях позволил советской инженерной науке занять передовые рубежи в мировом метрополитеностроении. Недаром советских специалистов метрополитеностроителей можно встретить в Калькутте и Варшаве, Хельсинки и Софии, Праге и Будапеште.

В Москву за опытом приезжают ученые и инженеры из Японии, Италии, Англии, Бельгии, США, Дании. Фирмы, сооружаю-



щие метрополитены в Турции, Греции, Ливане, Аргентине, ФРГ, Швейцарии и других странах, постоянно консультируются с московскими метростроителями.

В беседе с автором этих строк Генеральный директор фирмы, строящей метро в Калькутте, господин Сингх, сказал: «Я побывал во многих странах, но нигде столь многому не научился и нигде так не восхищался делами строек, как в Москве». Один из американских капиталистов, осмотрев работу по строительству метрополитена, признался, что он готов снять шляпу перед метростроителями Москвы. А ведь опыт специалистов США в сооружении метротрасс вдвое больше нашего.

Советская школа метростроения признана во всем мире. Она внесла значительный вклад в мировое метростроение. Немало современных методов строительства, оригинальных решений разработано в нашей стране. Впервые в Советском Союзе стали применять замораживание грунта при проходке тоннелей в зыбучих почвах, сейчас этот метод усовершенствован за счет применения наиболее эффективного контурного замораживания с водопонижением. Технологически это осуществляется следующим образом: при проходке пловуна, который встречается довольно часто в Ленинграде, Москве, Баку и других городах, разрабатывается проект контура на поверхности участка. По этому контуру бурят скважины и подают в них охлаждающий раствор, который промораживает весь участок, требующий защиты, и отделяет его тем самым от остальной обводненной части. Затем через специальные воронки удаляют воду и обезживают грунт. После этого продолжают проходку.

Для проходки тоннеля в особо крепких известняковых и скальных грунтах чаще всего применяют буровзрывной способ.

Найдены также способы защиты сооружений от землетрясений путем омоноличивания конструкций. Разработаны технологические приемы сооружения тоннелей мелкого и глубокого заложений.

Строительство тоннелей на небольшой глубине под коммуникациями и жилыми кварталами все чаще выполняют способом продавливания. Этот способ широко применяется в ФРГ, США, Великобритании при строительстве трубопроводов и подулочных переходов. В Советском Союзе этот способ нашел широкое применение для строительства подземных пересечений под железнодорожным полотном.

При прокладке тоннелей метрополитена он впервые был применен в Ленинграде. Основным способом проходки тоннелей метрополитенов в крепких породах на сегодня остается буровзрывной, поэтому создание комплекса для бурения, погрузки и транспортировки горной массы является актуальной научно-технической проблемой. Перспективным является также создание комплекса буровой и комбайновой техники, предназначенной для механического разрушения крепких пород.

## § 38. Организация и основные этапы строительства метрополитенов

Обоснованием в необходимости строительства нового метрополитена или продления существующей линии служит интенсивность пассажиропотоков, когда провозная способность городского наземного транспорта в этом направлении оказывается недостаточной. Экономически целесообразным считается объем перевозок, составляющий в одном направлении не менее 6—6,5 млн. пассажиров в год на 1 км пути.

Прежде чем начать изыскание, проектирование и строительство метрополитена, разрабатывают технико-экономическое обоснование (ТЭО). Оно определяет необходимость строительства метрополитена, его ориентировочную стоимость и сроки окупаемости; намечает несколько вариантов трассы метрополитена.

Разработке технического проекта предшествуют изыскательские работы, которые включают в себя комплекс мероприятий, обеспечивающих привязку трассы метрополитена к единой общегосударственной триангуляционной системе, проведение инженерно-геологических и гидрогеологических работ.

Геодезические изыскания включают в себя:

топографическую съемку района будущей трассы метрополитена;

наземную триангуляцию, полигонометрию и нивелирование; составляющие геодезическую основу всех съемочных и разбивочных работ.

Трасса будущей линии выбирается в зависимости от плотности городской застройки и наличия подземных городских коммуникаций. В старых густо застроенных частях города строятся трассы глубокого заложения, в новых районах, где четко прослеживаются основные транспортные магистрали, обычно проектируется трасса мелкого заложения и располагается вдоль основных магистралей. Станции строят на местах образования наибольших и концентрированных пассажиропотоков, а расстояния между ними зависят от густоты заселенности кварталов, наличия предприятий. Станции располагают друг от друга на расстоянии 1000—2000 м.

Особое внимание при проведении изысканий уделяют получению инженерно-геологических, гидрологических и климатических данных района строительства метрополитена. Без этого невозможно обоснованно подойти к выбору глубины заложения линии, проектированию плана и профиля трассы, несущих конструкций технологических устройств и к производству работ.

При недостаточно полном изучении района будущего строительства при ведении горных работ может произойти осадка поверхности и расположенных в районе строительства строений, поэтому в относительно простых в геологическом отношении районах строительства бурят три ряда скважин. Расстояние между

рядами 50 м. Скважины в рядах располагают через 200 м в шахматном порядке. В сложных условиях расстояния между рядами — 25 м, а между скважинами в ряду — 50 м. В районах расположения станций бурят 6 скважин.

При строительстве и эксплуатации подземных сооружений наличие воды в горной породе, окружающей подземные сооружения, одно из важнейших препятствий, усложняющих ведение горных работ. Большие притоки подземных вод требуют постоянного водоотлива. Вынос водой грунта в забой приводит к увеличению горного давления, просадкам земной поверхности, заливанню тоннелей. Агрессивные подземные воды приводят к разрушению бетона и коррозии металла. Из пробуренных разведочных скважин  $\frac{1}{3}$  оборудуются фильтрами. Определяется дебет воды, ее химический состав, температура и колебания уровня подземных вод, а также коэффициент фильтрации грунтов. Изыскания позволяют получить полную гидрогеологическую обстановку по трассе намечаемого строительства метрополитена.

Профиль линии метрополитена определяется в зависимости от гидрогеологических и геологических условий на трассе, способа работ по сооружению тоннелей и эксплуатационных требований.

Линии метрополитенов располагают обычно на глубине, позволяющей вести работы открытым способом (со вскрытием поверхности) при минимальной толщине засыпки над перекрытием, соответствующей глубине промерзания грунта, или закрытым способом при минимальной кровле пород над тоннелем. При этом в основании тоннелей в обоих случаях должны залегать прочные породы.

Глубины заложения и положения линий метрополитена в плане, а также основные технические решения, принимаемые в проектах, обосновывают путем сравнения технико-экономических показателей конкурентных вариантов.

Технический проект должен учитывать новейшие достижения науки и техники, предусматривать возможность широкой индустриализации строительства на базе средств комплексной механизации и автоматизации, а также за счет применения прогрессивных сборных конструкций обделок станционных сооружений и перегонных тоннелей.

Станции метрополитенов в зависимости от геологических и гидрогеологических условий района строительства, густоты застройки и пр. могут иметь глубокое и мелкое заложения или быть наземными. По типам конструктивных форм станции подразделяются на однопролетные, двухпролетные, трехпролетные, многопролетные, односводчатые, двухсводчатые, трехсводчатые и многосводчатые.

Материалами для станционных обделок могут быть монолитный бетон, монолитный железобетон, чугунные тубинги и стальные балки, железобетонные блоки сплошного и ребристого сечения.

По архитектурному оформлению станции отличаются не только по типам конструктивных форм, но и по стилю оформления.

При сооружении Московского метрополитена молодая Страна Советов строила не просто скоростную подземную рельсовую дорогу, какие были уже во многих городах мира, она строила подземный город — череду нарядных и сверкающих дворцов. В 30-х годах в распоряжении проектировщиков и строителей было не так уж много разновидностей отделочного камня. В настоящее время значительно расширился ассортимент отделочных материалов, открываются все новые месторождения, поэтому еще более красивыми и разнообразными по архитектурному оформлению становятся станции новых линий.

Перегонные тоннели метрополитенов проектируются в зависимости от ожидаемых нагрузок, физико-механических свойств пород и наличия грунтовых вод, и могут иметь обделку из чугунных тубингов, железобетонных блоков, монолитного бетона или железобетона. Тоннели глубокого заложения имеют обычно круглое сечение, а мелкого заложения — прямоугольное.

Техническим проектом предусматриваются способы производства работ при сооружении станций и перегонных тоннелей. В крепких устойчивых породах применяют горный способ проходки, в легких и недостаточно устойчивых породах щитовой способ.

В тяжелых гидрогеологических условиях проектом предусматриваются различные способы закрепления грунтов: силикатизация, замораживание, «стена в грунте», свайное крепление, водопонижение и нагнетание в грунт цементного раствора.

Технический проект содержит также строительную документацию на электродепо, инженерный корпус и некоторые другие объекты.

После утверждения технического проекта в городе, где намечается строительство метрополитена, создается дирекция строящегося метрополитена, подчиненная главному управлению метрополитенов Министерства путей сообщения. Она осуществляет функции заказчика и финансирует стройку.

Параллельно создаются подрядные строительные организации, подчиненные Главтоннельметрострою Министерства транспортного строительства, которые сооружают все объекты метрополитена и доводят их до сдачи в постоянную эксплуатацию.

Строительство метрополитена, как и другихстроек, начинается с подготовительных работ. Прежде чем начать строить основные объекты (станции и перегонные тоннели), необходимо вынести инженерные сети с трассы метрополитена и создать строительную базу.

Все работы по выносу инженерных сетей из зоны производства работ (в случае открытого способа строительства), а также по созданию базовых стройплощадок, выполняются специализированными организациями с помощью городских служб, ведающих этими коммуникациями.

Параллельно ведется строительство промышленного узла базы стройиндустрии метростроителей, в который входит завод товарного бетона и сборного железобетона, рассчитанный на проектную потребность, управление механизации, склады базы комплектации и пр.

После сноса зданий и сооружений и выноса коммуникаций метростроители приступают к обустройству базовых площадок. Строятся производственные и бытовые сооружения — шахтный копер с эстакадой для уборки грунта и подачи блоков обделки в забой, санитарно-бытовой корпус, механические мастерские и др. При этом в качестве субподрядчика привлекаются городские стройуправления.

Перед началом проходки шахтных стволов и тоннелей выполняется большой объем работ по закреплению геоподосновы. С высокой точностью после неоднократной проверки разбивается ось метрополитена. Разбивку и закрепление оси делают в основном на цоколях домов и промышленных сооружений, кирпичных или бетонных столбах с помощью металлических штырей. При каждом тоннельном отряде, строительном-монтажном управлении и тресте создается маркшейдерская служба во главе с главным маркшейдером, которая круглые сутки ведет наблюдение за проходкой стволов и тоннелей. Кроме того, маркшейдеры дают исполнительную съемку проходки тоннелей и сооружения станций, ежемесячно и ежеквартально вместе с инспекторами заказчика готовят ведомости объемов выполненных работ для оплаты. Качество работ по сооружению метрополитенов во многом зависит от квалификации маркшейдеров.

Проходка перегонных тоннелей и сооружение станций глубокого заложения начинается с сооружения вертикального ствола шахты. У основания шахты сооружается околоствольный двор, обходные людские ходки, камеры для складирования различных материалов и конструкций и подходная выработка к оси трассы метрополитена.

По этим выработкам производится спуск людей к месту работ, подача конструкций и материалов, доставка грунта на поверхность. Подходная выработка заканчивается сооружением щитовой камеры на оси тоннеля (при щитовой проходке) или агрегатов для сборки обделки при горном способе работ. После монтажа необходимого оборудования для проходки тоннелей приступают к основным работам по строительству метрополитена: сооружению станций и перегонных тоннелей.

Раньше почти на всех первых линиях Московского метрополитена монолитные бетонные и железобетонные обделки возводились в деревянной опалубке, вручную. Сейчас монолитные обделки возводятся в сухих грунтах с помощью специального проходческого щита.

В устойчивых скальных породах при небольшом горном давлении применяется монолитный набрызгобетон на металлическую

сетку, прикрепленную к породе анкерами либо таркретбетон из песчано-цементного раствора, который набрызгивается непосредственно на поверхность.

В настоящее время самой распространенной, позволяющей экономить металл, является сборная железобетонная обделка, которая изготавливается на заводах железобетонных изделий.

При горном и гидростатическом давлении грунтовых вод более 1 кгс/см<sup>2</sup> возводится обделка из чугунных тубингов. Она считается самой дорогой из всех обделок. Широкое применение сборных железобетонных и чугунных обделок позволяет механизировать производство работ и сократить сроки строительства. Для тоннелей мелкого заложения, сооружаемых открытым способом, применяется прямоугольная цельносекционная или сборная железобетонная обделка.

Обделку станций выполняют из чугунных тубингов, железобетонных блоков различной формы и других металлических конструкций.

### § 39. Сооружение метрополитенов в особо сложных условиях

**Общие сведения.** Способы сооружения метрополитенов в сложных условиях по характеру воздействия на грунт подразделяются на механические, физические и химические.

К механическим способам закрепления грунтов относятся шпунтованное ограждение, опускная крепь, «стена в грунте», ограждения из буронабивных свай. К физическим способам — понижение уровня грунтовых вод, замораживание грунта, кессонный способ проходки. К химическим способам — битумизация, цементация, глинизация, силикатизация.

**Механические способы закрепления грунтов.** *Шпунтованное ограждение* применяется для крепления стен котлованов (траншей) от их обрушения в водонасыщенных и не отдающих воду породах. Шпунтованное ограждение может быть деревянным при мощности пльвуна 3—4 м и металлическим при мощности пльвуна до 15 м. Металлическое шпунтованное ограждение применяется при расположении крупных зданий на призме обрушения для предотвращения осадочных явлений.

*Способ «стена в грунте»* применяется для сооружения стен подземных вестибюлей, станций метрополитенов, стен тоннелей мелкого заложения путем создания в грунте стен, которые используются в качестве несущей или ограждающей конструкций. Стены являются конструкцией будущего сооружения и одновременно служат для крепления котлованов. Под их защитой осуществляется выемка грунта и дальнейшее производство строительного-монтажных работ. Способ «стена в грунте» используется при ведении земляных работ в водоносных грунтах и в стесненных условиях городской застройки. Сущность способа «стена в

грунте» заключается в заполнении выемок и траншей глинистым раствором (суспензией) с определенными тиксотропными свойствами. Тиксотропия раствора проявляется в его способности загустевать при спокойном состоянии и вновь превращаться в жидкое состояние от механического воздействия. Наличие глинистого раствора в траншее позволяет сохранить устойчивость стенок траншей как в период углубления забоя, так и в период устройства собственно конструкций. После окончания углубления траншей до проектных отметок, траншею заполняют бетоном, сборными железобетонными конструкциями, глиноцементными смесями, в результате чего создают несущие конструкции, форма которых в плане соответствует форме траншей.

*Способ погружения крепи шахтных стволов в тиксотропной рубашке (опускная крепь)* применяется при сооружении шахтных стволов в сложных гидрогеологических условиях. Сущность способа состоит в том, что пространство между наружной поверхностью опускаемой крепи и грунтом заполняется глинистым (тиксотропным) раствором. Тиксотропный раствор, заполняющий пространство между наружной стеной обделки ствола и грунтов, значительно снижает силы трения и позволяет внедрять нож опускной крепи в зоне пльвуна на контакте с водоупором на глубину, обеспечивающую нормальную работу в забое. Глинистый раствор обеспечивает, кроме того, создание гидроэкрана вокруг обделки, что предотвращает течь через швы между тубингами обделки.

*Буронабивные сваи* применяются при возведении стен перегонных и станционных тоннелей метрополитенов мелкого заложения открытым способом. Этот способ используют при наличии в зоне производства земляных работ водоносных грунтов. Сущность способа заключается в бурении буронабивных скважин вращательным и ударным способом с последующей установкой в скважину арматурного каркаса и бетонированием. По мере заполнения скважины бетоном обсадную трубу извлекают.

**Физические способы закрепления грунтов.** *Искусственное понижение уровня грунтовых вод* применяется при проходке тоннелей открытым и закрытым способами, проходке шахтных стволов, при снижении напора и уменьшении притока воды в выработку. Водопонижение применяют в неустойчивых водоносных грунтах. Его сущность заключается в устройстве по периметру осушаемого участка специальных водопонижающих скважин, из которых постоянно откачивается вода. При этом образуются депрессионные воронки, примыкающие друг к другу и позволяющие понизить уровень грунтовых вод до заданной отметки. Водопонижение осуществляется эжекторными и легкими иглофильтровыми установками, вакуумными установками, водопонижающими скважинами, оборудованными глубинными насосами. В практике метростроения искусственное понижение уровня грунтовых вод обычно применяется на стадии строительства, однако в особо

сложных гидрогеологических условиях, водопонижение осуществляют и в период эксплуатации метрополитена.

*Искусственное замораживание* применяется при проходке подземных выработок метрополитена в различных водоносных грунтах и породах. Этот способ является наиболее универсальным и надежным, так как может быть применен на различных глубинах и в любых грунтах с различными коэффициентами фильтрации и химического состава грунтовых вод. Сущность способа искусственного замораживания грунтов состоит в создании временного прочного и водонепроницаемого крепления выработок из замороженного грунта (ледогрунтовое ограждение). Таким образом, способ искусственного замораживания грунтов позволяет искусственно изменить физические свойства грунтов, обеспечивающих нормальную проходку выработок. Для создания такого искусственного крепления по контуру будущей выработки бурят скважины, углубляя их в водоупорный слой на 2—3 м. В эти скважины опускают раствор хлористого кальция (рассол), имеющий отрицательные температуры. Рассол отнимает тепло у грунта, окружающего замораживающую колонку, понижает его температуру и постепенно замораживает грунт.

*Кессонный способ* применяется для проходки горизонтальных и вертикальных выработок в водоносных грунтах и пльвунах. Сущность способа заключается в искусственном создании избыточного давления ( $2,0—2,5 \text{ кгс/см}^2$ ) в зоне забоя для отжатия грунтовых вод от места производства работ. Давление воздуха выбирают в зависимости от глубины выработки и гидростатического напора.

**Способ химического закрепления грунтов.** В метростроении способ химического закрепления грунтов впервые в нашей стране был применен при сооружении первой очереди Московского метрополитена для предотвращения осадок зданий, расположенных вблизи метротрассы.

За последние годы разработан целый ряд рецептов, предложены новые физико-химические способы, позволяющие закреплять песчаные и лессовые просадочные грунты и значительно улучшать механические свойства глинистых грунтов.

В результате многолетних исследований в Советском Союзе разработаны и успешно применяются ряд способов глубинного закрепления грунтов: однорастворная и двухрастворная силикатизация песчаных грунтов, способ инъектирования глиносиликатных и алюмосиликатных тампонажных растворов, однорастворный способ закрепления просадочных лессовых грунтов, электрохимическое закрепление глинистых грунтов, способ смолизации и др.

Способы химического закрепления грунтов основаны на нагнетании в них растворов, состоящих из одного или нескольких компонентов, которые при смешивании образуют в породах грунта гель, придающий ему прочность и водонепроницаемость. Нагнетание



закрепляющих растворов производят под давлением через инъекторы — специальные трубки с перфорацией и резиновыми манжетами, закрывающими отверстия для выхода нагнетаемого раствора и предохраняющими эти отверстия от засорения частицами грунта при заглублении инъекторов в грунтовый массив.

В качестве химических закрепляющих растворов применяют растворы силиката натрия (жидкого стекла) и смол, в качестве отвердителей — кислоты и соли. Раствор, состоящий из нескольких компонентов, при смешивании которых в заданное время в порах грунта образуется гель, называют гелеобразующим раствором. В метростроении способ химического закрепления породы чаще всего применяется в песчаных грунтах как сухих, так и обводненных.

Основными критериями для выбора способа закрепления являются фильтрационная способность грунта и конструктивные требования к нему. Работы по химическому закреплению грунтов производятся посредством погружения инъекторов в грунт, приготовления закрепляющих растворов, нагнетания растворов, извлечения инъекторов и выполнения вспомогательных операций.

Способы химического закрепления грунтов в метростроении целесообразно применять при подготовке котлованов для сооружения вестибюлей, подземных переходов, отдельных участков тоннелей открытым способом; при проходке тоннелей закрытым способом для защиты подземных коммуникаций от просадок; для предотвращения неравномерных осадок зданий и сооружений, расположенных вблизи трассы метрополитена.

## § 40. Конструкции станций

**Односводчатые станции открытого способа работ.** Киевметропроектом разработана и внедрена конструкция полносборной односводчатой станции открытого способа работ. Проект был реализован на станции Минская. Конструкция станции благодаря минимальному количеству типоразмеров элементов позволяет значительно снизить трудозатраты при монтаже. Масса одного сборного элемента 20 т. Развернутая длина свода в поперечном направлении около 23 м.

В замковой части свода заложен монолитный железобетон, в котором запроектирована прокладка электрокабелей освещения станции. Металлическая форма элементов свода позволяет изготавливать блоки с готовой профилированной и офактуренной поверхностью.

**Станционная обделка «стена в грунте».** Это новый прогрессивный метод, с помощью которого обеспечивается строительство станций, тоннелей, притоннельных сооружений открытым способом глубиной до 30 м. Он нашел применение в Киеве, Минске и ряде зарубежных городов, позволив в 1,5 раза уменьшить объем земля-

ных работ и сроки строительства и исключить возникновение шума и вибрации, что особенно важно при работе вблизи зданий и сооружений. При этом способе в большинстве случаев исключается необходимость водопонижения. Работы можно вести почти во всех грунтах независимо от их обводненности. При этом стоимость строительства по сравнению с укоренившимся свайно-расстрельным способом снижается на 20%. Можно сочетать «стену в грунте» с анкерным креплением.

Филиалом «Минскметрострой» в проектах продления линий Минского метрополитена предложена унифицированная станционная обделка способом «стена в грунте», позволяющая за счет совершенствования объемно-планировочных решений еще более повысить эффективность строительства.

Конструкция обделки представляет собой сводчатое перекрытие и лоток, образованные двумя типоразмерами сборных железобетонных элементов в виде Г-образных блоков, опирающихся на стены (сборные или монолитные), выполненные методом «стена в грунте», и блоков свода и лотка (обратный свод), жестко соединенных с Г-образными блоками. Сопряжение Г-образных блоков со стенами выполняется в виде клинового распора из бетона с вершиной клина, обращенной внутрь обделки. Крепление «стен в грунте» в период монтажа обделки производится трубчатыми расстрелами и буринъекционными анкерами.

Бетон на напрягающем цементе создает предварительное напряжение свода и лотка, а также обжатие стен и лотка в грунт, обеспечивая совместность работы системы без арматурных связей.

Этот вид обделки позволяет в сложных градостроительных условиях вести разработку грунта и дальнейшее возведение конструкции после сооружения свода, его гидроизоляции, обратной засыпки и восстановления движения городского транспорта.

Станционная обделка нового типа обеспечивает существенное сокращение расхода бетона и арматурной стали, уменьшение длины станционного комплекса по сравнению с традиционными решениями на 18—20%, улучшение использования внутреннего пространства. Существенно увеличиваются темпы сооружения конструкции, поскольку не требуется высокой точности возведения «стен в грунте» (допуски на геометрические параметры стен при этом способе увеличены на 100%), исключаются непроизводительные виды работ по обработке лицевой поверхности монолитных стен, обеспечивается надежная гидроизоляция конструкций.

*Односводчатые станции глубокого заложения.* В Ленинграде созданы принципиально новые типы односводчатых станций глубокого заложения. Наибольшими достоинствами обладает односводчатая станция, в основу конструкции которой заложен принцип обжатия на породу свода большого пролета. В поперечном сечении она представляет собой однопролетный свод, опирающийся на массивные бетонные опоры.

Ширина станции по внешним точкам конструкции превышает 25 м, расстояние между внутренними гранями опор 19 м, высота —

более 13 м. Образование большого пространства в подземных условиях при перекрытии всей ширины станции одним сводом создает благоприятные условия для замены ручного труда проходчиков механизированным. Заложенные в конструкции технологические возможности позволяют применить поточный принцип строительства с совмещением всех основных циклов по возведению станции. По такой схеме построены станции Площадь Мужества и Политехническая на Кировско-Выборгской линии, станция Обухово на Невско-Василювской линии и ряд других. Вместо 36—40 мес первая односводчатая станция Площадь Мужества построена за 25 мес.

Возведение станционного узла глубокого заложения с размещением под единым сводом всех сооружений, выполненных из одних и тех же типовых конструкций, одним и тем же комплексом механизмов по единой технологии, — следующий после односводчатой станции этап в создании более прогрессивных типов станций Ленинградского метрополитена. В комплекс узла станции Удельная в Ленинграде входят натяжная камера, пассажирский зал станции, тяговая подстанция, камера съездов и др. Общая длина объединяющей выработки — 249 м. Эта станция конечная. Для промежуточной станции длина выработки 190 м.

Работы по сооружению узла производятся по схеме односводчатой станции. При увеличении длины выработки масштабы использования средств механизации значительно возрастают. Для бетонных опор используют передвижные металлические опалубки, для монтажа верхнего свода — блокоукладывающую арку, для разработки грунта ядра и лотка — электрический экскаватор с ковшом активного действия, для возведения обратного свода и конструкций внутреннего обустройства (платформа, армоцементный зонт) — передвижные кран-балки.

**Станции колонного типа открытого способа работ, выполненные из объемных элементов.** В практике отечественного метрополитена при сооружении станций метрополитена открытым способом широкое применение получила конструкция из сборных железобетонных элементов рамной 3-пролетной системы. В Москве, Киеве, Тбилиси и других городах построено около 50 станций такого типа.

Для условий Ташкента, где к конструкциям предъявлены повышенные требования для обеспечения работы в условиях возможных землетрясений, сейсмичность трехпролетных станций, построенных на первой линии метрополитена, обеспечивалась четырьмя продольными монолитными железобетонными балками жесткости в уровне верха конструкций, образованными бетонированием арматурных выпусков из ригелей и плит перекрытий и тяжелым сильно армированным лотком. Совершенствование такой конструкции в последние годы происходило за счет увеличения шага колонн по оси станции (с 4,5 м до 6,0 м), что позволило несколько уменьшить количество монтажных единиц на длину

платформенного участка станции, но мало что изменило в возможности архитектурного разнообразия станции в целом.

Наличие в организациях Главтоннельметростроя новой техники большой грузоподъемности дало возможность перейти на монтаж станций из большеразмерных тяжелых не только плоскостных, но и объемных элементов.

Эта идея была воплощена в конструкции станции Айбек Ташкентского метрополитена, сооруженной из таких элементов.

Основными конструктивными элементами являются С-образные блоки, образующие обделку боковых тоннелей станции, Т-образные элементы, заменяющие прогонно-колонный комплекс типовой конструкции и кессонные перекрытия среднего пролета большой длины вдоль оси станции. Так как С- и Т-образные элементы являются пространственными конструкциями, улучшается как продольная, так и поперечная устойчивость станции в условиях возможных сотрясений, а объем бетона, омоноличивающего арматурные выпуски в месте стыковки элементов, снижается с 18,7 до 1,76 м<sup>3</sup> на 1 м длины станции.

Применение крупноразмерных элементов массой до 18 т позволило сократить количество типоразмеров с 13 на обычной станции до 5, значительно уменьшить число стыков, снизить использование монолитного железобетона.

**Станция колонного типа глубокого заложения с шарнирным опиранием сводов на колонны.** В основу конструкции нового поколения станций колонного типа положен принцип шарнирного опирания сводов на несущие металлические конструкции. Такое решение исключает растягивающие напряжения в несущих элементах и обеспечивает практически идеальную работу конструкции.

Это позволило применить сборную железобетонную обделку вместо чугунной и облегченные металлоконструкции из высокопрочной низколегированной стали 09Г2С. Отказ от чугунной обделки боковых тоннелей и среднего свода и замена их железобетонными дают экономию чугуна до 8 тыс. т на одну станцию. Обделка боковых тоннелей станции с плоским лотком сооружается из железобетонных тубингов.

После проходки среднего тоннеля и прекращения основных деформаций обделки производится ремонт и чеканка боковых тоннелей.

Обделка станции колонного типа рассчитана на вертикальную статическую нагрузку, равную 130 тс/м<sup>2</sup>. Горизонтальная нагрузка принята по двум схемам загрузки соответственно 65 тс/м<sup>2</sup> и 39 тс/м<sup>2</sup>.

Сооружение обделки верхнего свода среднего тоннеля станции производится с разжатием его плоскими домкратами типа «Фрейссине», установленных в распорном блоке.

После монтажа обделка верхнего свода разжимается, первым домкратом распорного блока выбираются все зазоры в обделке и создается начальное усилие, равное 50 тс/м<sup>2</sup>. Второй домкрат

включается в работу через сутки после первого. Усилия, создаваемые им в обделке, уточняются опытным путем.

Сооружение обделки обратного свода среднего тоннеля станции производится также с разжатием его плоскими домкратами типа «Фрейссине».

На традиционных станциях колонного типа колонны опираются на сплошную железобетонную плиту, поэтому использовать пространство под платформой для служебных помещений не представляется возможным. В новой конструкции стальные колонны опираются на нижний монолитный железобетонный прогон, который в свою очередь опирается на блоки нижней части обделки. Такое конструктивное решение позволило получить под платформой дополнительный объем и использовать его для служебных помещений.

В Ленинграде ведутся работы по применению и других прогрессивных конструкций, позволяющих возводить сооружения с высоким качеством и в сжатые сроки. Хорошим примером этому является внедрение армоцементных водозащитных зонтов для станций и эскалаторных тоннелей и большепролетных модульных перекрытий из плит регулярной структуры для наземных зданий и сооружений. Армоцементные водозащитные зонты, монтируемые в виде самонесущих трехшарнирных арок, не связанных с основной несущей обделкой, обладают высокими технологическими и эксплуатационными качествами. Такие конструкции не зависят от деформаций основных несущих обделок тоннелей, требуют минимума затрат труда при монтаже и отделке, изготавливаются на механизированных линиях. Достаточно сказать, что монтаж зонтов в эскалаторном тоннеле длиной около 100 м при нормальной организации работ продолжается 10 сут, а полная отделка занимает неделю. Кроме того, становятся ниже затраты труда на работы по ремонту и содержанию в период эксплуатации.

**Станции колонного типа глубокого заложения усовершенствованных конструкций.** В Москве построены колонные станции усовершенствованных конструкций — Площадь Ногина, Пушкинская, Кузнецкий мост, Марксистская, Авиамоторная, которые выгодно отличаются от ранее построенных. Во-первых, они выполнены на основе тьюбинговых колец; во-вторых, распорные подерживающие стальные конструкции состоят только из однотипных колонн с опорными площадками для опирания боковых и среднего сводов. Башмаки и опорные балки исключены полностью, а прогоны заменены чугунными типовыми перемычками из фасонных тьюбингов, которые при проходке тоннелей входят в состав монтируемых колец. Так же, как тьюбинги, монтируются и колонны, прикрепленные болтами сверху и внизу к пятовым элементам перемычек. Цикл работ по монтажу металлоконструкций после проходки тоннелей полностью исключен. Верхний и обратный своды среднего тоннеля, составленные из тьюбинговых колец диаметром 8,5 или 9,5 м, имеют типовые перемычки, с помощью которых

своды опираются на колонны, установленные при монтаже обделок боковых тоннелей.

На обеих станциях Площадь Ногина все три (боковые и средний) тоннеля собраны из тюбинговых колец диаметром 8,5 м. На остальных станциях для придания им лучшей архитектурной формы и большей свободы передвижения пассажиров средние тоннели собраны из тюбинговых колец диаметром 9,5 м. При уширенном среднем зале примыкание к нему эскалаторного тоннеля может быть осуществлено в любом месте по оси станции. Под платформой таких станций достаточно пространства для размещения служебных помещений в среднем тоннеле. Для уменьшения расхода чугуна в нижних лотковых частях тоннелей пилонных и колонных станций вместо чугунных тюбингов применяются чугунно-железобетонные блоки с чугунными гидроизолирующими плитами, заанкерованными в железобетонную часть блока, являющуюся основной несущей конструкцией. Эти плиты обеспечивают такую же водонепроницаемость, как и у чугунных тюбингов.

Станция Марксистская в Москве — колонного типа глубокого заложения без нижних клиновых перемычек. В комплекс станции входят два боковых и средний тоннели, объединенные через продольные перемычки и колонны в трехпролетную тюбинговую конструкцию. Обделка боковых тоннелей имеет наружный диаметр 8,5 м, обделка среднего — 9,5 м. Обделка верхней части среднего тоннеля имеет правильное циркульное очертание, нижней — более пологое (обратный свод составлен из тюбингов с прокладками).

Верхние своды обделок боковых и среднего тоннелей через стандартные продольные чугунные перемычки опираются на стальные колонны. Верхняя перемычка длиной 5,25 м состоит из семи фасонных тюбингов, входящих в состав колец боковых обделок и монтируемых одновременно с монтажом всей обделки тоннеля. Нижняя перемычка состоит из прямоугольных тюбингов, ширина которых равна ширине замкнутого или разомкнутого кольца обделки.

При проходке тоннелей проемы между верхними и нижними перемычками в боковых тоннелях временно заполняются инвентарными тюбингами. Кольца, в состав которых входят пятовые тюбинги перемычек, замыкаются колоннами, устанавливаемыми одновременно с монтажом обделки. В такой конструкции все элементы одновременно вступают в работу при нарастании давления снаружи.

Средний тоннель сооружается путем разработки породы на полный профиль. При этом сначала монтируется обратный свод с нижними перемычками, а затем верхний свод с верхними перемычками.

В качестве временной опоры для обратного и верхнего сводов среднего тоннеля на период, пока не замкнуты перемычки между колоннами, предусмотрены специальные временные башмаки сварной конструкции, прикрепляемые снаружи болтами к тюбингам

временного заполнения боковых тоннелей. В конструкциях колонных станций типа Марксистская Московского метрополитена по сравнению со станцией Площадь Ногина увеличена ширина платформы с 14,85 м до 16,10 м. Шаг колонн доведен до 5,25 м вместо 4,5 м. Ширина среднего зала увеличена с 6,75 м до 8,16 м, высота — с 4,8 м до 6,25 м. Габариты межколонных проемов расширены с  $2,85 \times 3,32 \times 3,30$  до  $3,26 \times 3,72 \times 3,75$ .

Ликвидация нижних клиновых перемычек позволила уменьшить расход трудоемких в изготовлении и монтаже фасонных тубингов (по сравнению со станциями Пушкинская и Кузнецкий мост) на 448 т на I станцию.

Заслуживает внимания применение обделки из железобетонных блоков со стальным листом в конструкции станций метрополитена глубокого заложения. Опыт строительства станции Пушкинская доказал полную совместимость работы элементов из железобетона и чугуна в несущих конструкциях. Положение их функционально оправдано использованием свойств каждого элемента. Так, проемы между стальными колоннами или пилонами из чугунных тубингов перекрываются чугунными клиновыми перемычками, несущими большую нагрузку. В лотковой и сводовой частях конструкций устанавливаются железобетонные блоки со стальным листом. Последние позволяют монтировать обделку без связей. При этом к стальному листу привариваются временные монтажные уголки с отверстиями для оправок и болтов, которые после сборки демонтируются и повторно используются при монтаже очередного кольца. При отделочных работах монтажные уголки в сводовой части срезаются, стыки болтов свариваются со стальным листом с помощью специальных накладок. Применение новых конструктивных элементов позволяет отказаться от асбестоцементных зонтов: к стальному листу блоков приваривается арматурная сетка, покрываемая цементно-песчаным слоем, затем штукатуркой. Любые повреждения стальной изоляции в эксплуатационный период могут быть легко устранены, в то время как закрытые асбестоцементным зонтом участки конструкции недоступны для восстановительных работ.

Хорошие результаты дает применение на Московском метрополитене разработанным Метрогипротрансом и Всесоюзным научно-исследовательским институтом транспортного строительства сборных облегченных стен служебных помещений станций метрополитена из асбестоцементных пустотелых экструзионных панелей взамен кирпичной кладки. Это позволяет при той же сметной стоимости улучшить качество строительства и в 3 раза уменьшить трудозатраты.

**Конструкции пилонных станций.** Они характеризуются малым числом типоразмеров элементов обделки, отсутствием специальных высокопрочных конструкций в местах больших сосредоточенных нагрузок, широким применением сборных железобетонных конструкций.

Пилонные станции — глубокого заложения, трехсводчатые. Все тоннели станции имеют круглое сечение и одинаковый диаметр 8,5 м (средний тоннель может иметь диаметр 9,55 м). Первоначально обделка тоннелей таких станций выполнялась, как правило, из чугунных тюбингов. Но такие тюбинги стоят дорого и в настоящее время применяются только при сооружении станций в сложных гидрогеологических условиях. Основное отличие новой конструкции — замена обделок из чугунных тюбингов на сборный железобетон в различных сочетаниях. Примером такого решения является пилонная станция Пушкинская Харьковского метрополитена, где из сборного железобетона выполнены обделки всех станционных тоннелей, тягово-понижительной подстанции, блока служебных помещений, а также камер металлоконструкций и натяжных устройств эскалаторов. Все элементы выполнены из бетона М-400 при удельном расходе стали, приведенном к классу А-1, не более 170 кг/м<sup>3</sup>.

#### § 41. Перегонные тоннели

**Основные требования.** Переходя к рассмотрению обделок перегонных тоннелей метрополитенов, сооружаемых закрытым и открытым способами, необходимо отметить, что проектные и строительные организации стремятся постоянно совершенствовать их в целях улучшения существующих и создания новых обделок тоннелей.

Основные требования при их сооружении — сокращение сроков строительства, экономия материалов, снижение трудозатрат, водонепроницаемость, надежность и высокое качество. Ниже рассмотрены конструкции тоннельных обделок.

**Обделка из чугунных тюбингов.** Впервые обделки из чугунных тюбингов наружным диаметром 6,0 м и шириной одиночного кольца 0,75 м были применены при строительстве второй очереди Московского метрополитена.

В последние годы институтом Метрогипротранс были спроектированы различные типы чугунных обделок наружным диаметром 6,0 и 5,5 м.

С целью более рационального использования свойств литого чугуна, уменьшения массы тюбингов и сокращения числа болтовых скреплений создана облегченная чугунная обделка перегонных тоннелей наружным диаметром 5,5 м с высотой бортов 150 мм (вместо 200 мм в ранее применявшихся тюбингах) и плоским железобетонным лотковым блоком с чугунной плитой.

Применение совершенных типов обделок из серого чугуна марки СЧ-21 позволило сократить расход чугуна с 9,5 т (при строительстве второй очереди Московского метрополитена) до 4,4 т на 1 м тоннеля. С целью уменьшения расхода чугуна была разработана конструкция унифицированной чугунной обделки с умень-



шенными толщинами бортов, ребер и спинки из высокопрочного чугуна марки ВЧ-50-2.

В настоящее время для удобства и удешевления строительных работ в нижней части тубинговой обделки устанавливают тубинги чугунно-железобетонной комбинированной конструкции с плоским очертанием с внутренней стороны.

Тубинги с плоской лотковой частью составлены из железобетонного несущего основания и внутренней чугунной противотрадиционной плиты, прочно соединенной с железобетонной частью.

Применяя соответствующие прокладки, можно составлять из обычных тубингов обделки различных сечений (овальных и комбинированных) для притоннельных сооружений: насосных, вентиляционных установок и пр.

**Сборная обделка из железобетонных блоков.** Для замены чугунной обделки перегонных тоннелей закрытого способа работ в 1954 г. было начато внедрение различных типов конструкций из сборного железобетона с расчеканкой стыков расширяющимся водонепроницаемым цементом. К настоящему времени все разнообразие таких конструкций приведено к единой унифицированной сборной обделке из блоков ребристого и сплошного сечения с цилиндрическими стыками в продольных швах, с плоским элементом в лотке с двояко вогнутым замковым блоком. Блоки ребристого и сплошного сечения взаимозаменяемы. Такая обделка признана наиболее совершенной и экономичной. Расход бетона и арматуры на 1 м тоннеля составляет: в конструкции из ребристых блоков соответственно 3,29 м<sup>3</sup> и 230,3 кг, в конструкции из блоков сплошного сечения 3,46 м<sup>3</sup> и 227 кг.

Для упрощения изготовления и большей сопротивляемости щитовым дократам, а также для связи колец между собой, унифицированную обделку несколько видоизменили и назвали трехштрабной. В нормальных блоках для болтовых связей между кольцами устроили ниши — штрабы. Наружные размеры блоков остались без изменения, расход бетона составил 3,53 м<sup>3</sup>, стали 254 кг на 1 м тоннеля.

Одним из путей повышения уровня механизации проходческих работ, уменьшения стоимости и трудоемкости строительства метрополитенов является внедрение сборных железобетонных обделок, обжатых в породу. Обделка применяется при механизированной проходке перегонных тоннелей метрополитенов в грунтах различных категорий. Ее конструкция основана на существующей сборной железобетонной унифицированной обделке.

Кольцо обделки состоит из шести нормальных, одного лоткового блоков и специальных распорно-фиксирующих вкладышей. Монтаж кольца начинается с укладки лоткового и двух примыкающих к нему нормальных блоков. На предлотковые блоки устанавливаются съемные упоры. Затем монтируются остальные блоки обделки, их опирают на выдвижные опорные балки вспомогатель-

ной тележки. С помощью гидравлических домкратов производится подъем верхней половины кольца обделки до плотного прижатия блоков к внутренней поверхности оболочки щита.

Преимуществами применения сборной железобетонной обделки являются: устранение процесса первичного нагнетания цементно-песчаного раствора за обделку, использование элементов серийных обделок и существующего оборудования для проходки и монтажа колец, ускорение процесса сооружения тоннелей.

Технологией работ и конструкцию обделки разработали Всесоюзный научно-исследовательский институт транспортного строительства и Метрогипротранс, внедрение осуществлено Мосметростроем.

Для создания обжатой обделки в глинистых грунтах при отсутствии на строительстве механизированного агрегата может быть использован и обычный щит. Грунт в этом случае разрабатывается с некоторым незначительным недобором по контуру выработки, а затем при передвижении щита подрезается ножевым кольцом последнего. В 1976 г. такой способ был применен при строительстве перегонного тоннеля в лессовых суглинках Ташкентского метрополитена. Использовался обычный щит (без каких-либо переделок и дополнений). Собранное кольцо обделки разжималось в грунт после выхода из-под оболочки. Последняя не была укорочена, поэтому для выталкивания кольца на породу под опорные подушки щитовых домкратов устанавливались деревянные коротыши. Опыт оказался успешным, но показал, что хвостовую оболочку необходимо укрепить до размера ширины кольца обделки, сделать ее более тонкой со съемной нижней частью для того, чтобы при проходке в устойчивой породе оставлять лишь козырек в верхней части выработки.

Кольцо обделки состоит из восьми нормальных блоков, двух лотковых, четырех клиньев, вкладыша и прокладки. Марка бетона нормальных блоков 400, а лотковых, клиньев и вкладыша 300. Цементно-песчаный раствор для заделки монтажных зазоров в лотке М-200. В стыках между блоками устанавливаются по две фиксирующие шпильки.

Кольца между собой ничем не фиксируются, так как каждое кольцо работает самостоятельно, независимо друг от друга.

Сборная железобетонная обделка 5-БНЛ-2, обжатая в породе, из плоских блоков с разжатием в лотке с помощью гидравлического домкрата разработана для применения в качестве несущей конструкции подземных сооружений на прямолинейном участке. Обделку собирают укладчики, дополненные поддерживающими устройствами (например, конвейерный укладчик КТЗ-5,6, входящий в щитовой комплекс, изготавливаемый Ясиноватским машиностроительным заводом).

Обделка рассчитана на вертикальную равномерно-распределенную нагрузку  $50 \text{ тс/м}^2$  и горизонтальную  $15 \text{ тс/м}^2$  с учетом упругого отпора породы при коэффициенте постели  $40 \text{ кгс/см}^3$ .

Для участков проходки тоннелей с большим горным давлением Ленметротранспроект разработана усиленная обделка 5-БНЛ-2У с разжатием в лотке. По очертанию и форме блоков она соответствует обделке 5-БНЛ-2, но рассчитана на удельную вертикальную статическую нагрузку  $100 \text{ тс/м}^2$  и горизонтальную по двум схемам загрузки соответственно  $50 \text{ тс/м}^2$  и  $30 \text{ тс/м}^2$  с учетом упругого отпора породы при коэффициенте постели, равном  $40 \text{ кгс/м}^3$ .

Для повышения несущей способности элементов обделки в кольце при длительном нарастании горного давления в стыках между отдельными блоками устанавливают комбинированные прокладки ПЗ, которые центрируют передачу усилий с одного блока обделки на другой и за счет низкомодульных элементов исключают их омоноличивание при нагнетании цементного раствора за обделку при контрольном нагнетании. Прокладки ПЗ устанавливаются в стыки между отдельными элементами обделки при ее монтаже.

Внедрение сборных железобетонных обделок, обжатых в породе, является одним из путей повышения уровня механизации проходческих работ, уменьшения стоимости и трудоемкости строительства метрополитенов. Обделка применяется при механизированной проходке перегонных тоннелей метрополитенов в грунтах различной категории (кроме скальной).

**Монолитно-прессованная обделка.** В последние годы при строительстве перегонных тоннелей метрополитенов и тоннелей другого назначения все чаще находит применение монолитно-прессованная обделка. Она формируется из бетонной смеси давлением, создаваемым проходческим щитом по мере его продвижения вперед.

Цикл работ начинается с установки в хвостовой части щита очередной секции опалубки. Затем в заопалубочное пространство подается бетонная смесь и щит продвигается вперед, прессуя эту смесь реактивным усилием щитовых домкратов. Одновременно с продвижением щита снимают заднюю секцию опалубки. Монолитно-прессованная обделка имеет хороший внешний вид, толщина обделки составляет  $37\text{—}40 \text{ см}$ , фактическая прочность бетона через  $28 \text{ сут}$  в среднем  $400 \text{ кгс/см}^3$ .

Применение монолитно-прессованной бетонной обделки позволяет отказаться от возведения сборной обделки из отдельных железобетонных элементов, что полностью устраняет нагнетание цементного раствора за обделку, чеканку швов между блоками, значительно уменьшает осадку поверхности земли. При этом сборный железобетон заменяется более дешевым монолитным бетоном, а экономия металла составляет  $250 \text{ т}$  на  $1 \text{ км}$  тоннеля.

Монолитно-прессованная обделка была применена при строительстве Московского, Минского, Горьковского, Тбилисского метрополитенов по документации, разработанной Метрогипротрансом и СКТБ Главтоннельмостроя.

Однако обделки, выполненные из бетонов на обычном цементе, нельзя считать эквивалентными чугунным в отношении водонепроницаемости. Кроме того, технология их возведения не обеспечивает высокого качества бетона, уплотненного прессованием, так как из-за потери пластичности смеси между формируемыми секциями тоннеля образуется холодный шов, через который возможна фильтрация воды. Одновременное прессование отрицательно влияет на качество бетона, так как предыдущая секция еще не набирает распалубочной прочности. Структура материала нарушается: в нем появляются микро- и макротрещины.

Исключить эти недостатки можно путем применения бетона, приготовленного на напрягающем цементе (НЦ), и введения в смесь пластифицирующей добавки, обеспечивающей нужную пластичность смеси и замедление ее схватывания в пределах установленного времени.

Бетонное кольцо с такой добавкой остается пластичным в течение 8 ч, а затем схватывается и интенсивно набирает прочность. Такой бетон подвергается перепрессовке не в момент схватывания, а еще в пластичном состоянии. Поэтому деструктивных процессов в нем не происходит. Напротив, структура его улучшается в результате повторного прессования.

При затвердевании бетона НЦ в нем развиваются процессы расширения и самонапряжения. Это исключает образование микротрещин и залечивает те, которые почему-либо образовались. Водонепроницаемость обделки в процессе самонапряжения повышается.

При прессовании бетон предыдущей секции находится еще в пластичном состоянии, поэтому холодный шов не образуется.

Монолитно-прессованная конструкция из бетона НЦ выполнена Минскметростроем совместно с НИИЖБ Госстроя СССР на участке Минского метрополитена длиной 100 м. В результате проведенных исследований был подобран следующий состав смеси: напрягающий цемент НЦ-10 — 520 кг, песок строительный — 640 кг, щебень гранитный — 1050 кг, вода — 182 л, суперпластификатор С-3 — 1,3% от массы сухого цемента. Напрягающий цемент НЦ-10 производственного объединения «Волковыскцементошифер» марки 500 соответствует ТУ-21-48—82. Опыт устройства монолитно-прессованных конструкций из бетона НЦ свидетельствует о том, что его применение не вносит каких-либо дополнительных трудностей в технологию возведения обделки. В то же время такая обделка не пропускает воду.

Лабораторные и полевые испытания показали, что бетоны на основе напрягающих цементов и суперпластификаторов С-3 позволяют добиться необходимой прочности и водонепроницаемости при сжатии до 50 МПа в течение 28 сут.

**Обделка из набрызг-бетона.** Применение набрызг-бетона — один из наиболее эффективных и экономичных способов возведения тоннельных обделок. Он обеспечивает значительную экономию средств, максимальной механизацию бетонирования, позво-

ляет в процессе проходки быстро приспособляться к различным инженерно-геологическим условиям путем изменения толщины обделки (в сочетании с другими видами крепи — анкерами, металлическими сетками, арками). Применение набрызг-бетона возможно в широком диапазоне: от крепких скальных пород до слабых.

Обделки из набрызг-бетона, активно взаимодействуя с породой, резко ограничивают деформации контура выработки и обеспечивают совместную работу системы «обделка-порода». Это позволяет возводить конструкции из набрызг-бетона (с учетом омоноличенного слоя породы) толщиной приблизительно вдвое меньшей, чем при использовании монолитного бетона.

**Цельносекционная обделка.** Для перегонных тоннелей, сооружаемых открытым способом, создана принципиально новая эффективная конструкция — цельносекционная обделка (ЦСО), представляющая собой замкнутую железобетонную раму. Каждый элемент ЦСО — готовый участок однопутного тоннеля длиной 1,5 м. Применение этой обделки обеспечивает повышение уровня заводской готовности конструкций, комплексную механизацию технологических процессов, снижение трудозатрат на монтаж в 3—4 раза, сокращение сроков строительства.

В Ташкенте успешно освоена индустриальная сейсмостойкая ЦСО, которую применили при сооружении открытого перегона Хамзы — Комсомольская. Постоянная работа по совершенствованию конструкции ЦСО позволила уже на 1-м участке Ташкентского метрополитена использовать ее при возведении притоннельных сооружений: санузлов, вентиляционных камер, водоотливных установок, зумпфов. Для их планировочного решения разработаны ЦСО, имеющие технологические проемы.

Разработанная Всесоюзным научно-исследовательским институтом транспортного строительства (ЦНИИС) совместно с Киевметростроем, Киевметропроектом и СКТБ Главтоннельстроя цельносекционная обделка с гидроизоляцией применяется при сооружении открытым способом тоннелей метрополитенов, а также в котлованах со свайным ограждением или откосами без лазух.

Гидроизоляция сборных железобетонных секций размером  $453 \times 5140 \times 1500$  мм выполняется на их наружной поверхности и торцах из гидростеклоизола марки «Т», наклеиваемого способом оплавления. Защита гидроизоляции выполняется из асбестоцементных листов, иаклеиваемых на коллоидном клее.

Гидроизоляцию швов между секциями в готовой обделке обеспечивают путем безмастичной склейки между собой выпусков гидростеклоизола, выведенных в чеканочную канавку, расположенную по внутреннему периметру одного из торцов секции.

Применение цельносекционной обделки с гидроизоляцией дает экономию 25 445 руб. в год на 1 комплект оснастки за счет механизации процесса нанесения гидроизоляции, позволившей уменьшить объем земляных работ на 15—20 тыс. м<sup>3</sup> на 1 км длины тоннеля и увеличить скорость сооружения тоннеля в 2 раза.

ЦСО с гидроизоляцией нашла применение и на Киевском метрополитене в сочетании с проходческим комплексом КМО2Х5.

Киевметростроем, НИИЖБ Госстроя СССР, Киевметропроектом и рядом других организаций выполнен комплекс работ, направленный на определение возможности сооружения перегонных тоннелей без оклеечной гидроизоляции из водонепроницаемых блоков полной заводской готовности с герметизацией стыков бетоном или раствором НЦ изнутри или снаружи.

В результате выявлены отличительные свойства НЦ и бетона на его основе, среди которых наряду с высокой прочностью и способностью быстро набирать прочность особую ценность имеет высокая водонепроницаемость (в таких бетонах марка по водонепроницаемости достигается не ниже чем В12). Такие показатели позволяют отказаться от традиционной рулонной гидроизоляции и повысить эксплуатационную надежность сооружений.

Из трех апробированных вариантов стыка можно рекомендовать для внедрения (как наиболее простой, достаточно надежный и при необходимости легко поддающийся ремонту) стык с чеканочной канавкой с внутренней стороны тоннеля. Контакт между блоками можно обеспечить четырьмя стальными приваренными пластинами с закладными деталями. Чеканку швов рекомендуется выполнять с помощью НЦ спустя 2 недели после засыпки тоннеля.

**Способы повышения качества сборной железобетонной обделки.** Качество сборной железобетонной обделки круглого сечения в значительной степени определяет трудоемкость возведения и эксплуатационную надежность тоннеля. Достижение требуемой ее водонепроницаемости в значительной мере зависит от качественных показателей выпускаемых заводами блоков.

На сегодня можно утверждать, что блоки Очаковского завода из двухблочных форм с крышками — лучшие в стране. Технология создания блоков обделки перегонных тоннелей диаметром 5,5 м в двухблочных формах с крышками разработана Всесоюзным научно-исследовательским институтом транспортного строительства совместно с Очаковским заводом ЖБК Мосметростроя и реализована. Оборудование сконструировано СКТБ Главтоннельметростроя совместно с ЦНИИС и Очаковским заводом. Опорный пункт ЦНИИС при заводе провел испытания по повышению водонепроницаемости блоков путем введения в бетонную смесь суперпластификатора «10-03».

Химические добавки — эффективное средство повышения качества сборного железобетона. Известными в настоящее время добавками, пригодными для большинства бетонов, являются добавки поверхностно-активных веществ (ПАВ). К ним относятся пластифицирующие и воздухововлекающие ПАВ, а также ПАВ смешанного действия.

Комплексные добавки из пластифицирующего и воздухововлекающего компонентов позволяют более гибко воздействовать на смесь и бетон.

При этом одновременно с морозостойкостью можно повысить и водонепроницаемость бетона. Для сборных конструкций перспективно применение ускорителей твердения, которые позволяют сократить длительность тепловой обработки. Однако область применения ускорителей ограничена особенностями условий эксплуатации конструкций, видом арматуры и дефицитом самих добавок.

Для более быстрого набора прочности гораздо целесообразнее вносить в бетон пластифицирующие добавки, позволяющие снизить в бетоне водоцементное отношение.

Особенно эффективно проявили себя суперпластификаторы, в частности суперпластификатор марки С-3. Они способствуют значительному сокращению длительности тепловой обработки.

На заводах ЖБК Главтоннельметростроя уровень применения добавок достигает 4,5% объема всего приготавливаемого бетона и 11% объема сборного железобетона. Госстроем СССР и соответственно руководством Минтрансстроя в 1985 г. было принято решение о производстве 60% всего бетона с химическими добавками. В последующие годы этот объем должен возрасти до 90%.

Перспективны модифицированные личносурьфонаты, например, добавка ЛСТМ-2, производство которой начато целлюлозно-бумажной промышленностью. Она может применяться в монолитном и сборном бетоне.

При производстве морозостойких материалов следует вводить в бетонную смесь, кроме пластифицирующих, еще и воздухововлекающие добавки, поставляемые в виде твердого или жидкого концентрата. Комплексные добавки целесообразно использовать в товарном бетоне независимо от требований морозостойкости. Смеси с такими добавками характеризуются пониженными раскисляемостью и водоотделением при транспортировке на большие расстояния. Смеси, содержащие вовлеченный воздух, помимо всего прочего отличаются повышенной удобоукладываемостью.

Внедрению химических добавок должна предшествовать определенная работа лабораторий предприятий по подбору составов бетона и уточнению или изменению режима тепловой обработки. Исследования необходимо выполнять на каждом заводе в связи с конкретными особенностями применяемых материалов, требованиями к бетонам, режимами твердения и другими условиями производства. Без применения химических добавок сейчас немалым прогресс в производстве бетона, в том числе для сборных конструкций.

## **§ 42. Технические средства строительства**

Выдвинутые XXVII съездом КПСС задачи ускоренного внедрения в народное хозяйство достижений науки и техники, совершенствования капитального строительства особенно актуальны в метростроении с его постоянно расширяющимся объемом и гео-

графией, а также относительно высоким уровнем стоимости сооружений.

Интенсивный рост жилищного строительства, активная реконструкция исторически сложившихся и создание новых общественных и торговых центров в крупнейших городах Советского Союза требуют выполнения широкой программы по совершенствованию всех видов городского общественного транспорта, в том числе метрополитена, позволяющего наиболее эффективно и на современном уровне решать транспортные проблемы, возникающие на наиболее напряженных пассажирообразующих направлениях. В свете реализации этой программы текущая пятилетка характеризуется значительным ростом объемов работ по строительству метрополитенов. С целью выполнения поставленных задач стройки оснащаются механизированными комплексами, выполняющими самый трудоемкий процесс — разработку забоя. Парк механизированных щитов значительно возрос. С использованием этой техники построена большая часть тоннелей метрополитенов в Ленинграде, Минске, Горьком, Новосибирске. В целом объем сооружения тоннелей механизированными щитами в одиннадцатой пятилетке возрос по сравнению с десятой пятилеткой более чем в 2,5 раза. Но в результате паспортизации выявлено, что, несмотря на большую насыщенность механизмами и машинами, число рабочих, занятых ручным трудом, составляет 21,2 тыс. человек, или 49,1% от общей численности рабочих Главтоннельметростроя, из них тяжелым физическим трудом заняты 7,8 тыс. человек, или 17,9%. Уровень ручного труда, зафиксированный статистической отчетностью, составляет: на проходке выработок закрытым способом — 33,6%, открытым — 53,6%, при гидроизоляции — 40,65%, на транспортных работах в тоннелях — 50,8%. Особо следует выделить строительство притоннельных выработок и служебных помещений метрополитенов, трудоемкость сооружения которых составляет 25—30% трудоемкости возведения станций и проходки перегонных тоннелей. Объем ручного труда здесь доходит до 70—80%.

Большой удельный вес ручного труда приходится на отделочные, погрузочно-разгрузочные, путевые и бетонные процессы.

Приведенные данные свидетельствуют о неиспользованных резервах и возможностях повышения производительности труда, улучшения его организации и механизации производственных процессов. В текущей пятилетке общий объем строительно-монтажных работ по сооружению метрополитенов значительно возрос. Вводятся в эксплуатацию свыше 120 км новых линий, что требует более смелого и интенсивного внедрения новой техники, ускорения ее разработки, внимательного и всестороннего изучения опыта, накопленного при строительстве метрополитена у нас и за рубежом.

В последние годы при строительстве метрополитенов широкое применение нашел модульный принцип построения систем механизации. Он заключается в создании механизированных щитовых комплексов для различных инженерно-геологических условий.



В связи с большой перспективностью применения монолитно-прессованной обделки, СКТБ Главтоннельмостростроя был разработан проходческий комплекс ТЩБ-7. Новая технологическая схема подземных работ — сооружение тоннелей с монолитно-прессованной обделкой комплексом ТЩБ-7 — пригодна главным образом в песках с пределом прочности на сжатие до 2 МПа и размером включений до 200 мм.

Основной агрегат комплекса — проходческий щит диаметром 5,9 м. Корпус его представляет собой ножеопорное кольцо, собранное из отдельных сегментов. В головной части установлены две неподвижные горизонтальные площадки, на нижней из которых смонтирована выдвижная платформа. В ячейках щита размещены машины челюстного типа для разработки забоя, выполненные в виде подвижной рамы с шарнирно-закрепленными на ней челюстями. При работе рама совершает возвратно-поступательное движение, а челюсти поворачиваются на ней вокруг шарниров. Погрузочная машина, закрепленная на кронштейне распорной балки корпуса щита, разрабатывает нижнюю часть забоя и подает грунт на щитовой транспортер.

Механизм перестановки опалубки включает опорную раму с ходовыми балками, электромеханический привод передвижения, механизмы установки опалубки, гидронасосную систему и пульт управления. Принцип работы комплекса ТЩБ-7 основан на сочетании вдавливания в забой ножевой части корпуса щита и одновременного прессования в хвостовой части оболочки бетонной смеси реактивными усилиями 25 щитовых гидроцилиндров. Технология позволяет сооружать тоннель со скоростью 1,8 м в смену. Она не требует сборных железобетонных блоков заводского изготовления — вместо них используется более дешевый монолитный бетон. При этом осадка поверхности земли уменьшается и становится безопасной для зданий и подземных коммуникаций.

В настоящее время комплексы ТЩБ-7 внедрены на строительных метropolитенов Минска (2 комплекса), Горького (4 комплекса), Москвы (1 комплекс).

Применение монолитно-прессованной бетонной обделки на Московском, Горьковском и Минском метropolитенах снизило трудоемкость и стоимость строительства на 20—25% по сравнению со сборной обделкой. Экономия металла на 1 км тоннеля достигла 250 т. Экономический эффект от использования одного комплекса — 300 тыс. рублей в год.

Аналогичную конструкцию и назначение имеет комплекс ТЩФ-1, который находится на стадии изготовления. Как и ТЩБ-7, он предназначен для сооружения перегонных тоннелей метropolитенов с помощью монолитно-прессованной обделки внутренним диаметром 5,2 м в неводоносных нескальных грунтах с пределом прочности на сжатие 20 кгс/см<sup>2</sup>, в том числе в гравелистых, с размером включений до 200 мм. В отличие от ТЩБ-7 комплекс ТЩФ-1 имеет, кроме прессующего кольца и поддержива-

ющей опалубки, формирующую опалубку, продольная ось которой расположена параллельно оси щита. Опалубка установлена на внутренней опоре, закрепленной в корпусе щита, и может передвигаться в продольном направлении при помощи гидроцилиндров. При поворотах корпуса щита в процессе его передвижения поворачивается и формирующая опалубка. Поэтому после окончания прессования продольная ось очередного щитового кольца всегда совпадает с продольной осью корпуса щита. Кольцевой стык бетонной обделки постоянно находится вне формирующей опалубки и при следующем цикле последняя не оказывает вредного механического воздействия на бетон, находящийся в стадии твердения. За формирующей опалубкой передвигаются секции поддерживающей опалубки.

Особенно перспективным в будущем, очевидно, окажется применение комплексов со щитами с экскаваторными и стреловыми режущими органами. В настоящее время существуют и действуют уже несколько таких комплексов.

В конце 1982 г. на участке между ст. Нахимовский проспект и Севастопольская Серпуховского радиуса Московского метрополитена была завершена проходка перегонного тоннеля (правого) механизированным комплексом КМ-42 со щитом ЩНЭ-1, оснащенный экскаваторным рабочим оборудованием. Левый тоннель был пройден с помощью комплекса ТЩБ-7. Щит ЩНЭ-1 — опытный образец, изготовленный по проекту СКТБ на Московском механическом заводе. Он представляет собой составную часть комплекса КМ-42, куда входят также самоходный транспортер, созданный на базе породопогрузочной машины ППН-5, блокоукладчик ТУ-ЗПП, тележка для нагнетания ТН-16 и платформа со стрелой ПП-8.

Тоннельный комплекс КМ-42 со щитом ЩНЭ-1 предназначен для сооружения перегонных тоннелей метрополитена со сборной обделкой внутренним диаметром 5,1 м в песчаных, глинистых и смешанных песчано-глинистых породах естественной влажности или осушенных водопонижением, в том числе содержащих гравийно-галечные отложения и валуны, размером не более 350 мм. Два экскаваторных органа с телескопической стрелой и поворотным ковшем, расположенные на щите ЩНЭ-1, позволяют полностью механизировать разработку и погрузку грунта (от песков до моренных глин) в ячейках агрегата. При этом полностью исключается ручной труд в зоне забоя, резко повышается производительность труда, а затраты на переоборудование незначительны. Проходческая бригада состоит из 7 человек (на обычном немеханизированном щите ЩН-1С — 10 человек), включая двух машинистов щита, управляющих экскаваторными органами. Тоннель длиной 818 м был пройден за 309 рабочих дней. Наибольшая скорость проходки: 6 м/сут, 2,2 м/смену и 98 м/мес; средняя скорость проходки — 3 м/сут.

Недостатки нового щита: компоновка гидравлики выполнена неудачно, затруднена замена и ремонт части щитовых домкратов.

Производительность разработки забоя при помощи двух экскаваторных органов выше на 60%, чем при работе с одним экскаватором. Но при оснащении одноэкскаваторного щита погрузочной машиной производительность щита не уступает производительности щита с двумя органами. Это было учтено при создании комплекса КМ-43 со щитом ЩНЭ-2, который имеет один экскаваторный рабочий орган. В остальном КМ-43 ничем принципиально не отличается от КМ-42. Комплекс КМ-43 был внедрен на строительстве перегонных тоннелей метрополитенов в Куйбышеве и Новосибирске.

Для распространения области применения механизированной проходки тоннелей на слабоустойчивые и смешанные грунты необходимы комплексы, оснащенные сменными исполнительными органами избирательного действия и средствами для удержания забоя. При строительстве метрополитенов в Москве и Новосибирске впервые начали эксплуатироваться агрегаты КТ1-5,6Д2 со сменным стреловым оборудованием (экскаваторным и фрезерным) Ясиноватского машиностроительного завода, созданные на основании технического задания ЦНИИСа по проекту Ясиноватского филиала института «Гипромашобогатение» при участии СКТБ Главтоннельметростроя. Комплекс КТ1-5,6Д2 предназначен для механизированного сооружения перегонных тоннелей как мелкого, так и глубокого заложения, с возведением сборной железобетонной и чугунной обделок. Инженерно-геологические условия его применения: при работе с экскаваторным органом — супеси, суглинки, глины с включениями гравия, гальки и валунов; при работе с фрезерным органом — плотные глины, тергели, известняки прочностью на одноосное сжатие от 80 до 500 кгс/см<sup>2</sup>.

Диаметр сооружаемого тоннеля в свету — 5,1 м, ширина кольца сборной обделки тоннеля — 1 м, диаметр щита наружный — 5,63 м, длина корпуса щита — 5,57 м. Комплекс состоит из проходческого щита, укладчика блоков, транспортного моста, шарнирно-закрепленного на перегородке корпуса щита. По транспортному мосту проходит ленточный конвейер, доставляющий горную массу в бункер и далее в вагонетки. На ленточный конвейер порода с погрузочной машины подается щитовым транспортером. Особенность щита — наличие сменных исполнительных органов: экскаваторного и фрезерного. Предусмотрена возможность замены одного органа другим в процессе сооружения тоннеля без демонтажа щита. Экскаваторные органы — трехзвенные, перемещаются в вертикальной плоскости с помощью гидроцилиндров. Фрезерный орган заимствован от хорошо зарекомендовавшего себя комбайна 4ПП-2. Погрузочная машина выполнена в виде стрелы с ковшем и смонтирована на опоре, установленной на выдвигной раме. Она обеспечивает погрузку породы на ленточный конвейер. Передвижка щита осуществляется гидроцилиндрами, отталкивающимися от ранее уложенной обделки через кольцо уплотнения строительного зазора.

Кроме КТ1-5,6Д2, для строительства тоннелей метрополитенов закрытым способом созданы механические проходческие комплексы для различных условий КТ1-5,6; КТ1-5,6Б2. Модернизация комплекса КТ1-5,6 позволила применить его при строительстве тоннелей не только на трассе метрополитена, но и на подходных выработках с кривой радиусом до 100 м, которые ранее сооружались при помощи эректора и отбойных молотков. В перспективе экскаваторные щиты должны будут оборудоваться не обычными жесткими горизонтальными полками, осложняющими работу экскаватора и снижающими ее эффективность в глинистых грунтах, а мобильными средствами крепления забоя в виде складных горизонтальных полок и поворотных-подвесных забойных плит. Совмещение в одном агрегате обоих видов мобильного крепления в сочетании с использованием экскаваторного органа позволяет иметь универсальный щит, быстро и эффективно приспособляющийся к меняющимся по трассе грунтовым условиям. В этом ключ к решению задач скоростного, полностью механизированного строительства.

В последние годы большое распространение получили односводчатые станции глубокого заложения. Оригинальное конструктивное решение и удобство в эксплуатации таких станций обеспечивают им хорошую перспективу, несмотря на ряд имеющихся недоработок. Идет интенсивная работа по созданию агрегата, который позволил бы механизировать сооружение односводчатых станций. Этот вопрос успешно решается специалистами Ленметростроя, СКТБ Ленметрогипротранса и лаборатории ЛенЦНИИС.

Создан и прошел испытания опытный образец механизированного агрегата АМК-1. Он позволяет вести разработку калоттной прорези и возводить верхний свод станции. Агрегат представляет собой самоходную дуговую металлоконструкцию, которая перемещается вдоль станции по рельсам, уложенным на опорах свода. Порода разрабатывается фрезами, которые, перемещаясь по дуге, срезают породу и подают ее вниз на ленточный транспортер. Одновременно по верхнему поясу фермы перемещается транспортная тележка и укладывает элементы обделки. Создание механизированного агрегата для разработки калоттной прорези дало возможность устанавливать в арку распорный блок с домкратами Фрейссине, за счет чего конструкция получается разжатой в породе. Опытные испытания показали, что пока агрегат АМК-1 далек от совершенства и требует доработки, но в целом направление выбрано правильное.

Рассмотренные выше комплексы и механизмы предназначаются для производства проходческих тоннельных работ по сооружению метрополитенов закрытым способом.

В СССР из общей протяженности перегонных тоннелей примерно 30% выполнены открытым способом. Рассмотрим проходческий комплекс КМО 2×5 для сооружения перегонных тоннелей

метрополитенов открытым способом. Он предназначен для комплексной механизированной разработки грунта прочностью до 150 кгс/см (глины, суглинки, супеси, пески), крепления котлована и возведения тоннельной обделки в условиях застроенных городских районов. При создании нового механизированного комплекса в основу положены результаты научных исследований ЦНИИСа.

Комплекс КМО 2×5 изготовлен Московским механическим заводом Главтоннельметростроя. Он состоит из щита, экскаватора ЭО-41-21 с удлиненной стрелой и технологического оборудования для производства работ. Щит представляет собой сварную металлоконструкцию и служит для удержания от обрушения боковых стен забоя. Передвижение щита осуществляется щитовыми гидrocилиндрами, которые отталкиваются от ранее уложенной обделки. Укладка цельносекционной обделки производится краном ККТС-20.

Механический проходческий комплекс КМО 2×5 после опробования в Киевметрострое был передан в 1984 г. в Ташметрострой для сооружения метрополитена в Ташкенте, где использовался на строительстве второй линии Ташкентского метрополитена. Для проходки выбрали участок Ташсельмаш — Чкаловская. Верхний слой забоя представлял собой насыпные грунты толщиной 1—2 м, ниже — галечник. Максимально возможный уровень грунтовых вод не превышал 0,5 м над лотком тоннеля. В следующей пятилетке Метрогипротрансом планируется продолжение испытаний комплекса КМО 2×5 в более широком диапазоне грунтов. Экономия от использования такого комплекса на 1 км составляет до 15,5 тыс. чел.-дней, экономия проката черных металлов 1300—1500 т.

При строительстве метрополитенов во многих городах нашей страны в основном определены направления механизации сооружения перегонных тоннелей. Как правило, применяются механизированные щитовые комплексы. Но вместе с тем до 20% объема разрабатываемого грунта и более приходится на долю различного рода вспомогательных выработок, где механизация разработки забоя затруднена их небольшими размерами и малой протяженностью. Подходные выработки небольшого сечения можно проходить с использованием серийных проходческих комбайнов, нашедших особенно широкое применение в угольной промышленности. Институт ЦНИИподземмаш совместно с машиностроительными заводами Минуглепрома СССР и Минтяжмаша разработал за последние годы значительное число новых образцов проходческой техники, в частности комбайнов.

Опыт применения комбайна 4ПП-2 при проходке подходной выработки и сооружении двух участков перегонного тоннеля в зоне ограничения буровзрывных работ в Москве показал, что проходческие комбайны со стреловидным рабочим органом могут эффективно разрабатывать породы, характерные для геологии этого ре-

гиона. Являясь комбинированной машиной, оснащенной погрузочным органом, комбайн 4ПП-2 одновременно с отбойкой породы осуществляет выгрузку горной массы из забоя и погрузку ее в вагонетки. Комбайн тяжелого типа предназначен для проведения крупногабаритных выработок сечением до 25 м<sup>2</sup>. Для сечений 13—15 м<sup>2</sup> более рационально применять комбайн ГПКС.

Семейство горнопроходческих комбайнов ГПКС предназначено для проведения горизонтальных и наклонных выработок по углю и породе. Модели могут выпускаться с коронками или барабанами с резцами. Учитывая технические параметры ГПКС, а также разрешающую способность рабочего органа по крепости разрабатываемых пород, этот комбайн для проведения подходной выработки сечением 14 м<sup>2</sup> был применен при строительстве станции Полянка. По всему участку подходной выработки, пройденной с помощью ГПКС, среднесуточные скорости проходки составили 3 м, а в отдельные дни 4 м. Такая производительность комбайна обеспечивает среднемесячные темпы проходки до 200 м.

Существенное влияние на снижение скорости оказала необходимость бетонирования лотка штольни, что выполнялось по мере продвижения выработки. Была применена крепь из металлических арок вместо традиционной рамной деревянной крепи (впервые в практике метростроения). Одновременно с подходной выработкой, где применялся комбайн ГПКС и металлическая арочная крепь, велась выработка с деревянной рамной крепью и разработкой породы буровзрывными способами. При этом в первом забое затраты труда на 1 м проходки составили 4 чел.-смены, во втором 8 чел.-смен. При разработке забоя рабочим органом комбайна достигнута высокая точность оконтуривания выработки, что почти полностью исключило необходимость в забутовке закрепного пространства. Годовой экономический эффект от использования ГПКС для проведения подходных выработок по рассматриваемым вариантам равен: 30,2; 40,4 и 54 тыс. руб. (соответственно для металлической арочной, монолитной бетонной и деревянной рамной крепи).

Наиболее целесообразным типом крепи является монолитная бетонная. В этом случае исключается применение временной крепи. Для этой цели запроектирована механизированная переставная опалубка ОМП-1, оборудованная специальным перестановщиком и монорельсом. Конструкция разработана институтом КузНИИшахтстрой. Для подачи смеси за опалубку предлагается бетоноукладочный агрегат БУК-2. Опыт эксплуатации показал высокую степень надежности этой машины. Механическое и электрическое оборудование работало исправно. После завершения проходки 114 м подходной выработки комбайн находился в работоспособном состоянии.

Применение комбайна ГПКС обеспечило снижение трудоемкости за счет отказа от буровзрывных работ. Удалось совместить во времени процессы отбойки породы и погрузки горной массы.

В результате представилось возможным сохранить численный состав проходческой бригады. В выработке, где применялись буровзрывные работы, сменное звено проходчиков состояло из 8 человек, а в комбайновом забое — из 4—5 человек. Функции проходчика в основном были сведены к функциям оператора-машиниста комбайна. Принятая в комбайновом забое система всасывающей вентиляции позволила исключить распространение по выработке пыли, образующейся при работе комбайна.

Учитывая опыт применения комбайна 4ПП-2 при проведении подходной выработки и участка перегонных тоннелей на строительстве станции Серпуховская и комбайна ГПКС при проведении подходной выработки на станции Полянка, можно считать, что этап опытно-промышленного внедрения комбайнов со стреловидным рабочим органом в практику метростроения успешно завершен. Таким образом, научные и технические достижения в горнодобывающих отраслях промышленности позволили механизировать разработку забоя в коротких выработках без больших дополнительных затрат.

Для решения этой же задачи существует другой путь — создание комбинированного исполнительного органа у укладчика, который механизмирует разрушение грунта и монтирует сборную обделку непосредственно у забоя. Экспериментальный образец был разработан и изготовлен в 1984 г. в ЦНИИСе. Образец состоит из рычага для установки тьюбингов и расположенного на его противовесной части телескопического стрелового манипулятора с режущим органом, выполненным в виде резцовой коронки, соосной стреле и оборудованной гидроприводом. Исполнительный орган монтировался на вал укладчика, привод которого был соответственно скорректирован. После испытаний режущего исполнительного органа его смонтировали на укладчике, который опробовали на проходке тоннеля. За базовую технологию приняли типовой проект производства работ. Укладчик с режущим органом испытывался на сооружении выработки диаметром 5,6 м, предназначенной для монтажа комплекса КТ1-5,6. Работы вел участок № 3 тоннельного отряда Ленметростроя. Укладчик полностью смонтировали в штольне трапециевидного сечения шириной 4 м у основания и высотой 3,6 м, закрепленной неполным дверным окладом. Укладчик работал с комплексом, включающим погрузочную машину ППН-1с и установку для первичного нагнетания.

По результатам наблюдений произведена общая оценка работоспособности укладчика и отдельных его узлов. Стреловой манипулятор с режущим рабочим органом производил все необходимые операции. Он давал возможность применять съемные рабочие органы и делать различные технологические врубы, отгружать грунт от забоя, переносить элементы временного крепления. При испытаниях была установлена минимально необходимая длина телескопической стрелы, равная 1300 мм. Фрезерный орган с гидроприводом эффективно разрушал грунты. Применение в приводе

резцовой коронки высокомонолитного гидромотора МР-1,6 позволило создать компактный исполнительный орган, достигнуть удовлетворительных динамических характеристик и исследовать режимные параметры привода коронки в широком диапазоне. Маркшейдерскими измерениями не установлено каких-либо нарушений геометрии обделки. Проведенные испытания можно рассматривать как первый шаг на пути создания принципиально новой, перспективной для метростроения комбинированной машины. В настоящее время Ленметростроем принято решение о разработке конструкции и подготовке к выпуску промышленного образца этой машины.

Опыт применения монолитно-прессованного бетона в метростроении показывает, что монолитные обделки в перегонных тоннелях более целесообразны и экономически эффективны по сравнению со сборными. Однако для возведения обделки из прессбетона используются громоздкие и дорогостоящие комплексы, что удорожает производство работ и снижает эффективность технологии. Нужна новая технология. Стоит задача на базе комбайнов со стреловидными породоразрушающими рабочими органами создать проходческие комплексы для сооружения перегонных и станционных тоннелей метрополитенов. Горнопроходческая практика шахтного строительства доказывает возможность успешного решения этой задачи. Разработка забоя полностью механизмуруется проходческими комбайнами со стреловидным рабочим органом. Возведение крепи из монолитного бетона осуществляется в инвентарных переставных опалубках, а подача бетонной смеси за опалубку осуществляется пневмобетонуукладочными машинами.

Стреловидный рабочий орган агрегата комбайна 4ПП-2 оснащен удлиняющейся вставкой, которая позволяет разработать породу на полное сечение тоннеля. В основу горнотехнического решения положена цикличная организация работ, при которой обделка из монолитного бетона возводится отдельными секциями по мере разработки забоя на полный профиль с шагом продвижения на метр. Внедрение комбайна 4ПП-2 показало возможность разработки забоя перегонного тоннеля диаметром 5,6 м. В комплекс, кроме комбайна, входят ранее уже упоминавшиеся опалубка ОМП-2 и бетоноукладочная установка БУК-2. Может быть принят вариант комбинированной конструкции с использованием в лотковой части железобетонной плиты. Такая технология по сравнению с традиционной при щитовом или горном способах сооружения перегонных тоннелей со сборной обделкой отличается меньшим числом рабочих процессов и небольшим количеством механизмов.

В настоящее время серийно выпускаются 8 типов проходческих комбайнов. В их числе ПК-Зр, ИПУ, ГПКС, 4ПП-2 и комбайновый комплекс КН-5 «Кузбасс». ГПКС является базовой машиной семейства комбайнов. Отныне и экспериментальные образцы



конструкций тяжелого типа ГПК-2, 4ПП-5, 4ПП-2м, 4ПП-2ш и советско-английский комбайн ПК-200 находятся на разных стадиях шахтных испытаний и должны быть подготовлены для серийного выпуска в ближайшее время. Новые комбайны ГПК-2, 4ПП-5 (и особенно ПК-200) позволяют сооружать тоннели поперечного сечения до 35 м<sup>2</sup> и разрабатывать горные породы крепостью до  $f=7-8$  по шкале профессора М. М. Протодяконова.

Зарубежная практика тоннелестроения дает ряд примеров успешного использования комбайнов со стреловидным рабочим органом при сооружении тоннелей больших габаритов. Применяемая и особенно вновь создаваемая для механизации горнопроходческих работ в угольной промышленности горнопроходческая техника может и должна найти применение при сооружении перегонных и станционных тоннелей, а также подходных выработок в метростроении. То же самое можно сказать и о буровой технике.

Современная техника шпурового бурения при проходке горных выработок развивается в направлении создания специальных установок, оснащенных манипуляторами, на которых размещены бурильные машины. Мощные бурильные установки вращательного и ударно-вращательного действия позволяют ускорить и облегчить одну из наиболее трудоемких операций на проходческих работах — бурение шпуров. Для угольной промышленности в настоящее время серийно выпускаются электрические бурильные установки БУЭ-1м, БУА-3с, БКГ-2 и пневматические БУ-1, БУР-2 и СБУ-2м. Экспериментальный образец бурильной установки УБГ-1 (базовой модели ряда унифицированных бурильных установок) изготовлен Скуратовским экспериментальным заводом института ЦНИИподземмаш. Установки УБГ смогут работать по заложенной в них программе, вмешательство бурильщика потребует только в случаях каких-либо отклонений от нее. Перечисленные выше установки тоже могут найти достаточно широкое применение в практике строительства метрополитенов.

Скорость строительства наклонных и коротких горизонтальных тоннелей и производительность труда при их проходке значительно ниже, чем при сооружении транспортных тоннелей большой протяженности из-за нехватки средств механизации, в первую очередь для погрузки породы. На погрузку породы приходится 40—49% трудовых затрат. По данным ВНИИОМШСа по сравнению с ручной погрузкой породы, занимающей 50% времени, механизация снижает удельные трудовые затраты на 17—35% в зависимости от типа погрузочной машины. Зарубежный опыт применения погрузочных машин с боковой разгрузкой ковша показал, что они обладают преимуществами в эксплуатации, обеспечивая, помимо погрузки, механизацию доставки материалов в призабойную зону, оборку боков, кровли и забоя, подъем и удержание верхняком крепи, окучивание породного навала и т. д. В 1982 г. Копейским машиностроительным заводом и институтом ЦНИИподземмаш созданы опытные образцы погрузочной маши-

ны с боковой разгрузкой ковша (МПК-3), которые успешно прошли промышленные испытания на шахтах Донбасса. Машина оснащена ковшами емкостью 0,6 м<sup>3</sup>, ее производительность — 2,4 м<sup>3</sup>/мин.

За рубежом при комбайновой проходке горизонтальных и наклонных выработок получила широкое распространение скреперная погрузка породы. Во Франции на шахтах бассейна Нор и Паде-Кале с использованием скреперных погрузчиков за 25 рабочих дней было пройдено 403 м наклонного тоннеля сечением 9,5 м<sup>2</sup>. Скорость движения скрепера с грузом составляла 4,65 м/с, а при холостом ходе 2,1 м/с. Породу грузили на ленточный конвейер.

Завершая разговор о новой технике в метростроении, необходимо сказать о ряде «пробелов», существующих здесь. Сегодня мы располагаем механизированными щитами и комплексами, обеспечивающими проходку в песках естественной влажности, глинах, смешанных породах и породах с  $f_{кр} = 4 \div 5$ . Однако отсутствуют машины для проходки в неустойчивых обводненных грунтах, в разнородных породах и в породах с  $f_{кр} > 6$ . За рубежом имеется ряд положительных примеров решений этих задач.

При проходке твердых скальных пород с  $f_{кр} > 6$  возможны два направления. *Первое:* необходимо полнее использовать имеющуюся технику, сосредоточить усилия на поисках организационных форм ее использования, обеспечивающих наиболее благоприятные условия эксплуатации. Необходимо полностью исключить ручной труд в забое. На основании уже существующей техники был создан комплекс АБТ-5,5 для проходки в первую очередь перегонных тоннелей метрополитенов. Он включает в себя откатывающийся по рельсам рычажный укладчик, установленный на платформе, самоходную серийно выпускаемую промышленностью буровую каретку БУР-2 с двумя перфораторами, тележку для нагнетания и дополнительную платформу со стрелочным переводом. Этот комплекс применялся при строительстве метрополитена в Ереване, Свердловске, Днепропетровске. К сожалению, пока нельзя говорить об АБТ-5,5 как о совершенном агрегате, готовом к широкому внедрению. Со стороны строителей он вызывает ряд справедливых нареканий в силу низкой скорости проходки по сравнению с той, которую от него ожидали, дороговизны и других чисто технических недостатков.

*Второе направление:* создание отечественного комбайна (щита) с роторным исполнительным рабочим органом, тем более что существует ряд удачных зарубежных аналогов — щиты фирм «Роббинс», «Маннессманн Демаг» и др.

В слабых водонасыщенных грунтах приходится сочетать щитовую проходку со специальными способами. Последнее ведет к удлинению сроков строительства и повышает его стоимость. Практически с момента возникновения щитового способа начались попытки создания агрегата, способного вести проходку в водона-

сыщенных грунтах. В 1950—1960 гг. в СССР были разработаны конструкции гидромеханизированных щитов, в 1960—1970 гг. создан ряд щитов с роторными органами и режущими решетками. В дальнейшем, очевидно, перспективными окажутся «бетонитовые» щиты, которые уже выпускаются фирмами Японии и ФРГ. щиты с гидропрогрузом, щиты с прессованием грунта в лобовой камере. Эти щиты расширяют диапазон их действия в породах различной прочности и водонасыщенности.

Ни в одной другой отрасли строительства комплексная механизация технологических процессов не требует создания столь разнообразных по конструктивному решению машин и механизмов для самых различных геологических условий сооружения тоннелей. Но при всем разнообразии тоннелестроительной техники можно выделить следующие наиболее общие и важные направления путей ее развития: расширение номенклатуры выпускаемых машин, ускорение темпов сменяемости моделей, усложнение конструкций, повышение уровня автоматизации, улучшение качества, повышение надежности и долговечности, улучшение технических характеристик, переход от отдельных машин к системе машин. В СССР тоннелепроходческое оборудование создается рядом организаций, причем требования к нему самые разные. Очевидно, необходимо выполнить унификацию и классификацию типоразмеров всех подземных сооружений, включая транспортные, и разработать типовые ряды машин и их узлов.

Современный научно-технический уровень советского метростроения характеризуется рядом эффективных инженерных разработок, получивших широкое внедрение в практику. Осуществляемое в настоящее время строительство метрополитенов в 14 городах страны — наглядное проявление заботы Коммунистической партии о дальнейшем росте благосостояния советских людей. Успешная реализация программы перспективного строительства метрополитенов на 1990—2000 гг. требует наряду с совершенствованием существующих методов научной разработки принципиально новых направлений, обеспечивающих качественные сдвиги в отрасли. Необходимо полностью механизировать и автоматизировать подземные работы, резко увеличить производительность труда, чтобы с минимальными затратами достигнуть высоких технико-экономических показателей строительства.

### **§ 43. Архитектура станций**

**Общие сведения.** Архитектура метрополитена — это очень широкое и многообразное понятие. Оно включает в себя вопросы прокладки трассы, поиски современной планировки станций, вестибюлей, создание для пассажиров наибольших удобств передвижения при минимальных затратах времени, формирование облика подземных сооружений, организацию интерьера.

Что же такое метро—транспортное сооружение, мраморный дворец или подземные улицы, интегральная часть урбанистической структуры города?

С самого начала строительства метрополитена в нашей стране его станции рассматривались не только как необходимые конструктивные сооружения подземной дороги, но и как произведения архитектуры, воплощающие определенный идейно-художественный замысел и отражающие лучшие образцы народного творчества. Этим наш метрополитен существенно отличается от подземок капиталистических стран с их подчеркнуто-утилитарным упрощенным обликом. В оформлении станций метро участвовали лучшие архитекторы, живописцы и скульпторы нашей страны, целое созвездие имен мировой величины.

Архитектурный и художественный образ станций вырисовывается в процессе напряженной творческой работы. Сначала организовываются городские конкурсы на лучшее архитектурно-художественное решение станций, в которых участвуют многие специалисты. Лучшие проекты отбираются и только после этого отобранные проекты ложатся в основу дальнейшей разработки.

Архитектурная композиция станций метрополитена в значительной степени определяется их конструкцией. В декоративном же оформлении подземных залов и вестибюлей находят отражение особенности, характерные для соответствующих этапов развития советской архитектуры. При оформлении вестибюлей и подземных залов метрополитенов нашей страны были использованы традиции архитектуры классицизма, формы и декоративные мотивы советской национальной архитектуры. Архитектурно-художественные решения увязаны с конкретной градостроительной обстановкой, с тематикой и наименованием станций. Большое влияние на архитектурно-художественный облик станций оказывает и район сооружения: исторически сложившаяся часть города или новые индустриальные районы.

Объемно-планировочная структура станционного комплекса стала уже традиционной для отечественного метростроения — это собственно станция с соответствующими шириной и длиной платформы, два вестибюля со входами, совмещенными с подуличными переходами. Сами же вестибюли в планировочном отношении неодинаковы, так как рассчитаны на различные пассажиропотоки.

Вестибюли различны не только в планировочном решении, они еще бывают наземными и подземными. При их оформлении широко применяются средства изобразительного искусства в виде настенных панно, мозаик, витражей, детали декоративного убранства.

В традициях советского метростроения образное решение архитектуры подземных сооружений: все станции должны обладать индивидуальностью. Эта традиция, заявленная с первых дней существования нашего метрополитена, сохраняется и по

сей день, несмотря на неизбежность типового проектирования. Ни одна из станций по оформлению не повторяет другую. Архитектурно-художественное решение их составляет единую композицию с ансамблями улиц и площадей городов, отражает их историю и сегодняшний трудовой ритм.

Например, архитектурный замысел станции Площадь Льва Толстого Киевского метрополитена решен в стиле «ретро». Облик станции созвучен прекрасному женскому образу, созданному Л. Н. Толстым. Подземный зал «дворца» украшен праздничными сверкающими люстрами и бра из латуни и напоминает атмосферу первого бала Наташи Ростовской. Художественная выразительность достигается пластичностью форм и эмоциональным сочетанием отделочных материалов.

Все элементы станции Пушкинская Харьковского метрополитена служат раскрытию идейно-художественного замысла. Даже опоры, выполненные с каменными ниспадающими складками, создают ощущение пушкинской эпохи. Это впечатление подкрепляется формой люстр с гнутыми декоративными элементами и своеобразными решетками, расположенными по низу сводов в ритме пилонов. Текстовая вязь букв наименования станции, декоративные композиции из кованного металла на путевых стенах дополняют этот образ. Композицию среднего зала завершает барельеф поэта на торцевой стене.

Архитектурный образ каждой станции создается с максимальным выявлением ее конструктивной основы, использованием функционально необходимых элементов и деталей для организации внутреннего пространства интерьеров. Средний зал в зависимости от типа станции имеет самые разнообразные формы и очертания. Люстры, светильники, бра с различными способами закрепления и приемами освещения являются украшением среднего зала и играют немаловажную роль в общей архитектурной композиции. Стены, как правило, облицовываются мрамором, гранитом, лабрадоритом и многими другими естественными материалами, цвет которых тщательно подбирается в соответствии с общей темой станции. Так, например, красный цвет широко используется для реализации революционной тематики. На станции Балтийская в Ленинграде голубовато-серая мраморная облицовка напоминает о суровых водах Балтики. Эффектным было применение неполированного мрамора, с которым хорошо сочетаются металлические детали карнизов и других элементов станции.

Колонны и пилоны станций имеют самые разнообразные очертания в плане, зависящие от глубины заложения. Форма их также позволяет глубже раскрыть образное решение станции. Так, например, колонны на станции Героев Днепра в Киеве выполнены в виде факелов — символов памяти.

Особую роль в оформлении колонн и пилонов играют бронзовые рельефы, горельефы, декоративная лепнина. Колонны и

пилоны станции облицовываются, как правило, мрамором. Реже для облицовки применяется гранит, лабрадорит, прессованное стекло и ряд других искусственных материалов. Торцевая стенка оформляется панно, мозаикой, барельефами, которые позволяют полнее раскрыть образное решение станции. Часто у торцевых стен устанавливаются скульптуры.

Полы платформ выкладываются полированными гранитными плитами.

Огромную роль в оформлении станций играет и культура детали, всегда отличающая удачные архитектурные произведения и играющая большую роль в создании стилевого единства. Поэтому в интерьерах станции большое внимание уделяется мебели, информационным табло.

Многообразие архитектурной пластики потолков и поверхностей стен, формы колонн и пилонов, типов светильников и облицовочных материалов, конструктивных схем позволило придать индивидуальную, образную выразительность станциям. Искусственное освещение, вентиляция, формы сооружений, цветное решение полностью устраняют неприятное ощущение от нахождения под землей.

Архитектура метро должна органично вписываться и дополнять архитектурный образ города. Примером такого единства может служить Московский метрополитен. Именно здесь, начиная с первых пусковых линий, закладывалась традиция и, можно сказать, даже принцип нетипового архитектурного решения станций наших метрополитенов. В Москве создан удивительный ансамбль, где ни одна станция не повторяет другую. Метро стало общепризнанной достопримечательностью столицы нашей Родины. Красота архитектурных композиций, неповторимость образов придают Московскому метро жизнерадостный характер, создают атмосферу праздничности. Этим наш метрополитен выгодно отличается от стандартизированных подземок крупных городов капиталистических стран, единственными украшениями которых служат рекламные щиты.

В 1931 г. нарком просвещения А. В. Луначарский, выступая перед архитекторами и скульпторами Москвы, сказал: «Нужно помнить, что мы, разумеется, не можем базироваться на метафизическом суждении о красоте, а можем говорить только о классовом аспекте. Будет ли оформление понижать энергию, производить психостению в мыслях и в каких случаях будет поднимать и настраивать... Нельзя на одном утилитарном инструменте играть всю нашу социалистическую музыку, нельзя строгим утилитаристам поручать хотя бы временно строительство городов».

**Станции Московского метрополитена.** В 1941 г. авторы-архитекторы станций метро Комсомольская-радиальная, Кропоткинская и Киевская одними из первых удостоились звания «Лауреат Государственной премии СССР». Страна по достоин-

ству оценила труд наших зодчих. Эти три станции до сих пор являются в полном смысле слова архитектурными шедеврами. Оригинальность архитектурного решения, подчинение всего ансамбля одной теме, создание особой атмосферы сделали эти станции уникальными.

Конструкция станции Комсомольская-радиальная разделена как бы на два уровня. Это было сделано для учета пассажировопотоков с трех, расположенных рядом со станцией, вокзалов: Ленинградского, Казанского, Ярославского. Сюжетные панно на стенах аванзала рассказывают о самоотверженном труде комсомола на строительстве метро. Панно выполнено из разноцветной майолики по эскизам академика живописи Е. Лонсаре.

На станции Кропоткинская для увеличения ее высоты было принято безбалочное монолитное перекрытие. В отделке станции использованы светлые тона. Колоннам придана форма светильников, которые бросают мягкий, рассеянный свет на перрон. Свет отражается от пятиконечной капители рефлектора, переходящего в плиту перекрытия. Путевые стены выложены мрамором, а полы — гранитом. Колонны облицованы беловато-серым уральским мрамором. Станция Кропоткинская до сих пор является образцом архитектурного творчества.

В 1938 г. в эксплуатацию вступила станция Киевская Арбатского радиуса. На этой станции перекрытие также плоское. Его поддерживают два ряда колонн. Перекрытие имеет ряд небольших белых куполов — отражателей света. Установлено 46 фарфоровых капителей, изготовленных Ленинградским фарфоровым заводом. Колонны отделаны мрамором.

И в последующие годы достижения архитекторов были неоднократно отмечены нашим правительством.

В 1946 г. Государственные премии были присуждены за архитектуру станции Автозаводская, станции и вестибюля Электрозаводская, вестибюля Новокузнецкая. В 1950 г. — за архитектуру станций Курская-кольцевая и Октябрьская-кольцевая. В 1952 г. — за архитектуру станций кольцевой линии Комсомольская и Белорусская.

Проектирование этих станций пришлось на военный и послевоенный период. Этот этап истории не мог не найти своего отражения в работах наших зодчих. Создавая новые станции, архитекторы, художники и скульпторы стремились показать стойкость и героизм советского народа, освободившего мир от засилья «коричневой чумы», фашизма. Эти станции отличает монументальность и целостность замысла.

Поразительно передана тема победы в Великой Отечественной войне на станции Октябрьская-кольцевая. Оформление вестибюля и самой станции передает ощущение праздника, триумфа воли нашего народа. Торжественное настроение создается во многом за счет цветового решения, строгого и контрастного сочетания белого, черного и золотистого тонов. Ритми-

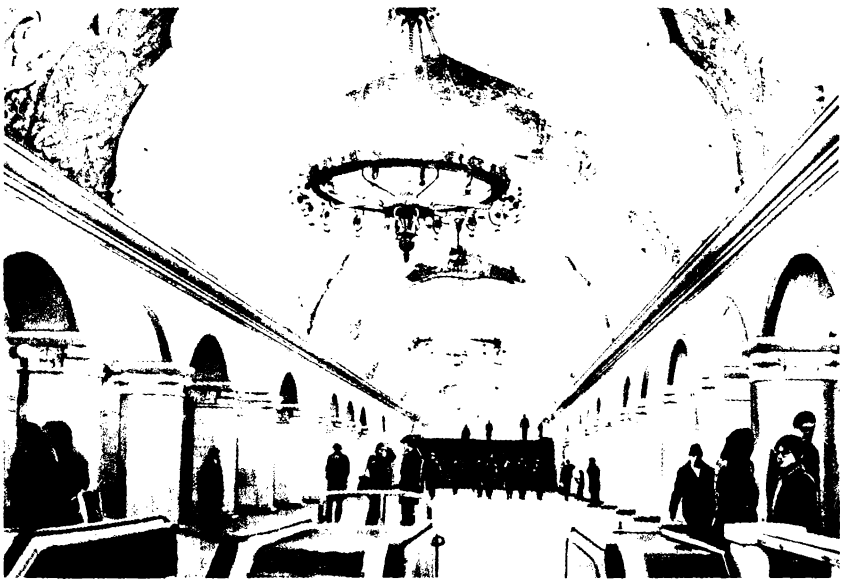


Рис. 16. Станция Комсомольская-кольцевая

ческий ряд подпружинных арок объединяет несущие пилоны. Барельефы героев Великой Отечественной войны с большим мастерством выполнены скульптором Г. Мотовиловым. Перронный зал не загроможден лишними деталями, композиционно он решен довольно просто и ясно. Замысел авторов — передать идею возрождения и расцвета нашей Родины.

Тема станции Белорусская — соответствует ее названию. Она посвящена героической борьбе белорусского народа. Двенадцать мозаичных панно на своде станции и скульптурная группа партизан в торце станции органично дополняют композиционный комплекс станции.

Имена многих выдающихся советских зодчих и художников вписаны в летопись строительства метрополитена. Среди них академик А. В. Щусев — создатель мавзолея В. И. Ленина на Красной площади, автор зданий оперного театра в Ташкенте, Казанского вокзала в Москве, проектировавший оформление станции Комсомольская-кольцевая (рис. 16). Один из самых талантливых советских архитекторов А. Н. Душкин — автор проектов станций Кропоткинская, Маяковская (рис. 17), Автозаводская, Площадь Революции и Новослободская. По проектам знаменитого архитектора И. А. Фомина построены станции Красные ворота и Площадь Свердлова.

В разное время к проектированию станций метро привлекались многие известные мастера: архитекторы Г. Р. Захаров и З. Г. Чернышева создали Курскую-кольцевую станцию;



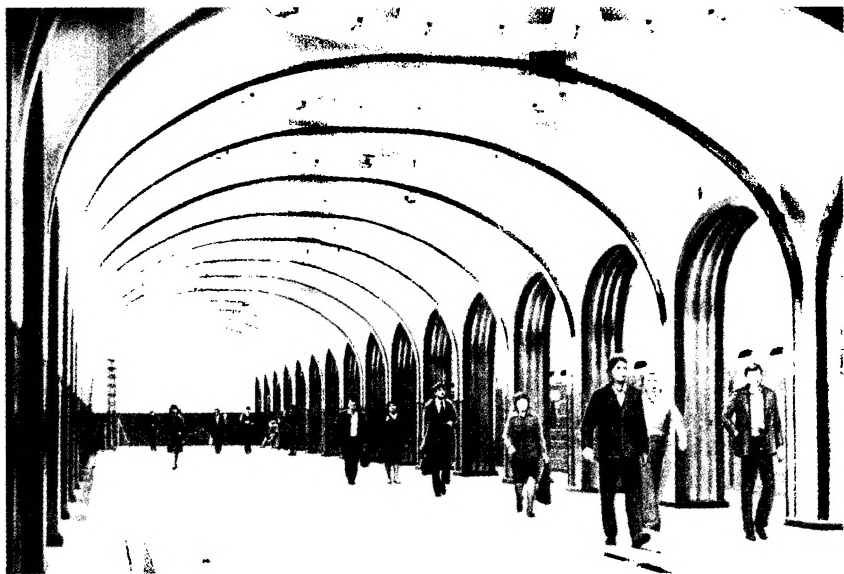


Рис. 17. Станция Маяковская

Л. М. Поляков проектировал станции Курская-радиальная, Октябрьская-кольцевая и Арбатская; И. Е. Рожин — автор проектов станций Электровзводская, Парк Культуры и Смоленская; Л. В. Лилье, В. А. Литвинов и М. Ф. Марковский разработали проекты оформления станций Киевская-радиальная, Университет, Ленинские горы, Площадь Ногина, Первомайская и др.

В 50-х годах в советской архитектуре наметились перемены, вызванные влиянием индустриализации строительства. В станциях, создававшихся в это время, начало исчезать чувство «подземелья». Для них стали характерны большие объемы, яркая освещенность. Современные станции соответствуют самым высоким художественно-архитектурным требованиям. Применение на станциях новых конструкций повлияло на облик подземных сооружений. Шире стали использоваться вспомогательные и органически вливающиеся в общий пространственный объем элементы акустики и приемы освещения. Особенно заметна в новых станциях тенденция к упрощению, отказу от сложных декоративных украшений, замысловатых форм и орнаментов. Рисунок приобрел более четкий и конкретный характер, упростилась палитра используемого отделочного материала. Но такие упрощения не означали типизации и стандартизации. Архитекторы и художники стремились к достижению индивидуального художественно-тематического решения, в котором бы отразились история и культура того района, где будет находиться новая станция.

В последнее время для отделочных работ все чаще вместо естественных материалов стали применяться искусственные: керамика, керамическая плитка, легкие сплавы металлов и многие другие.

При строительстве перекрытий вестибюлей широкое распространение получили так называемые «структуры», орнаментальный характер рисунка которых используется в декоративных целях.

Люминесцентные лампы, используемые для освещения подземных сооружений, как правило, изготавливаются в индивидуальном порядке. Светильники должны органично вписываться в архитектурный ансамбль, ведь именно освещение во многом создает необходимую атмосферу и колорит.

В настоящее время от современной архитектуры требуется художественная выразительность, тактичное применение прикладного искусства, создание удобных и красивых интерьеров. Забота о пассажирах и об обслуживающем персонале, удобство эксплуатации — основные требования к проектированию метрополитенов. Этим принципом руководствовались еще при сооружении первой очереди столичного метрополитена, а в последствии и подземных трасс других городов страны.

Не составляют исключения в этом отношении и комплексы Калининского радиуса Московского метрополитена. По трассе расположены 6 станций: Марксистская, Площадь Ильича, Авиамоторная, Шоссе Энтузиастов, Перово, Новогиреево. Архитектурно-художественной направленности этих станций уделено большое значение.

Станция Марксистская — глубокого заложения по типу станций Пушкинская и Кузнецкий мост. Авторы проекта архитекторы Н. Алешина, Н. Самойлова, В. Волович, соавтор Р. Ткачева в своей работе стремились передать силу и чистоту идей марксизма. Для этого были найдены новые формы и средства выражения. На путевых стенах и по торцам центрального зала выполнены мозаичные панно на тему «Торжество идей марксизма». Путевые стены облицованы «газганом», колонны мрамором «буровщина», цоколь черным гранитом.

Станция Площадь Ильича решена в строгих монументальных формах. Станция пилонного типа, расположена на большой глубине. Пилоны выполнены в форме кубов, облицованы красным мрамором «салиети». Путевые и платформенные стены из мрамора «коелга» белого цвета. Полы в центральном зале выложены из различных сортов гранита. Люминесцентное освещение расположено в шельге свода. Архитекторы Л. Попов, И. Петухова, В. Клоков.

Конструкция станции Авиамоторная представляет собой двойной ряд аркад, которые максимально приближены к конструкции. Колонны аркад облицованы белым мрамором. Центральный элемент композиции — светильник из анодированного алю-

миния в виде подвешенного свода. По тематике оформление станции посвящено созданию советской авиации. В торце среднего зала помещено чеканное панно, выполненное художниками А. Мосейчуком и Е. Рысиным. Архитекторы — В. Клоков, А. Стрелков, Ю. Колесникова, Н. Демченский.

Оригинальным является цветовое решение на станции Шоссе Энтузиастов. Оно основано на сочетании красного цвета различных оттенков. Белый оштукатуренный свод, ярко освещенный закарнизным светом, разливающимся за наклонным фризом, зрительно увеличивает объем станции. В торце станции размещено декоративное панно, рассказывающее о прошлом Шоссе Энтузиастов — бывшей Владимирки. Архитекторы — Ю. Вдовин, В. Черемин.

Тематическое оформление станции Перово посвящено народному творчеству. Платформенный зал станции представляет собой единый внутренний объем, перекрытый мощным сводом. Стены облицованы гранитом и мрамором. Полы из полированных гранитных плит. В центре платформы расположены скамьи, совмещенные со светящимися указателями. Освещение на станции люминесцентное. Архитекторы — Н. Алешина, В. Волвич, конструктор — Т. Жарова.

Большое значение играет цвет и в архитектурном решении станции Новогиреево. Белый мрамор колонн удачно оттенен серо-голубоватым цветом путевых стен. Полы выложены полированными гранитными плитами, освещение — люминесцентное. Архитектор — Р. Погребной, соавтор — И. Плехин.

Ниже описано архитектурное оформление и приведены фотографии некоторых станций, сооруженных в городах Киеве, Новосибирске (рис. 18—20), Минске (рис. 21, 22), Горьком (рис. 23), Харькове, Тбилиси (рис. 24), Баку, Ереване.

**Метрополитены Украины.** Станция Минская (Киев) относится к односводчатым станциям мелкого заложения. Для отделки ее вестибюлей и переходов использованы керамика, естественный камень, металл. Стены и полы платформы облицованы плитами шлифованного травертина и серого гранита. Свод украшен орнаментальной росписью. Светильники расположены в два ряда вдоль свода и равномерно распределяют свет.

Станция Героев Днепра (Киев) относится к станциям колонного типа мелкого заложения. Образное решение и характер художественно-декоративных работ определены названием станции и ее расположением. Колонны станции выполнены в виде факелов — символов памяти. Колонны облицованы полированными плитами из красного мрамора. Светильники на колоннах также выполнены в виде факелов из рельефного стекла и металла. Путевые стены облицованы полированными мраморными плитами светлых тонов. Вдоль путевых стен тянется «Лента славы», на объемных выступах стен — эмблемы родов войск, принимавших участие в форсировании Днепра. Полы



Рис. 18. Станция Студенческая (Новосибирск)

платформы выложены гранитными плитами темно-красного и светло-красного тонов.

Станция Республиканский стадион (Киев) — трехстворчатая пилонного типа глубокого заложения. Центральный зал и посадочные платформы решены в ритме строгого чередования пилонов и проходов порталов. В облицовке использован мрамор «уфалей». На тему олимпийского огня на торцевой стене центрального зала выполнена мозаика, сочный сине-красный цвет которой как бы замыкает в перспективе серо-голубую цветовую гамму всего интерьера. Путевые стены облицованы светло-розовым «газганом». В центре стен композиции из металла. В вестибюле размещены керамическое панно на спортивную тему и витраж из цветного литого стекла.

Станция Киевская (Харьков) имеет свод, выполненный в виде переплетающихся арок. Путевые стены облицованы белым мрамором. Они представляют собой систему арок, в центре которых размещены тематические композиции из фаянса. Цветовая гамма — зеленовато-голубой цвет на белом фоне — придает интерьерам станции торжественность и нарядность.

Станция Центральный рынок (Харьков) имеет конструкцию, отличающуюся легкостью, прежде всего за счет свода, кажущегося прозрачным и невесомым. Свод перекрывает помещения вестибюлей и станционного зала, не имеющих опор. Путевые стены облицованы серым уральским мрамором. Их украшают декоративные композиции на темы украинского творчества.



Рис. 19. Станция Красный проспект (Новосибирск)

На стены станции Советская (Харьков), облицованные мрамором, опирается складчатая поверхность потолка вестибюля. Для облицовки путевых стен станции использован закарпатский мрамор «большой каменец», для стен и колонн пассажирского зала — белый мрамор «коелга». Этот мрамор придает цветовую выразительность залу благодаря контрастному сочетанию с красно-коричневыми путевыми стенами и красным полом из гранитных плит. Дополняет впечатление торжественности своеобразная форма светильников, набранных из отдельных элементов. Мозаичные вставки и монументальные композиции на путевых стенах раскрывают тему становления Советской власти на Украине, в частности в Харькове.

Станция Дзержинская (Харьков) запроектирована укороченной, двухъярусной над путями. Это было сделано из-за стесненных условий стройплощадки и способа пересадки. На втором ярусе расположены служебные помещения и переход для пассажиров. Балконы второго яруса полуциркульного очертания в плане поддерживаются рядом белых колонн. Колонны, стены и балконы белого цвета и только полы выложены из красного гранита.

Станция Барабашева (Харьков) относится к типу колонных. Продольный шаг колонн 9 м, при этом сохранена вся номенклатура сборных элементов колонных станций. В Советском Союзе это осуществлено впервые. Стены облицованы металлоэмалевыми элементами с включениями плит из белого мрамора для



Рис. 20. Вестибюль станции Речной вокзал (Новосибирск)

размещения информации. Опоры станции также облицованы белым мрамором. Потолок платформы собран из сборных железобетонных плит. В потолке сделаны круглые ниши для размещения светильников. Витражи из цветного стекла дополняют общее архитектурно-художественное решение станции.

Станция Улица Свердлова (Харьков) имеет вестибюль, стены которого облицованы белым уральским мрамором. Пол выложен гранитными плитами серого цвета. Монументальность и торжественность станционному залу придают строгие архитектурные формы. На торцевых стенах искусно выполнены барельефный портрет Я. М. Свердлова, композиции «Великий Октябрь» и «Триумф Революции».

Особенностью метрополитена Харькова является полное отсутствие на поверхности станционных сооружений, что позволило рационально использовать наземное пространство города. Планировка станционных комплексов выполнена с учетом создания максимальных удобств для пассажиров и персонала метрополитена.

Метрополитен не только обогатил архитектуру Харькова своими подземными дворцами. В районах, прилегающих к его действующим станциям, активно ведется реконструкция застройки. Быстро растут 12-, 14-, 16-ти этажные жилые дома, возводятся общественные центры.

Велика роль метрополитена и в оздоровлении городской среды, в ускорении всего ритма городской жизни. Все чаще



Рис. 21. Станция Парк Челюскинцев (Минск)

расстояния в городе измеряют не километрами, а минутами. Благодаря скорости, надежности и комфорту метрополитена значительно облегчены поездки харьковчан на работу и с работы.

Загруженность метрополитена в выходные дни свидетельствует о том, что он играет значительную роль и в удовлетворении культурно-бытовых потребностей харьковчан.

Большое эстетическое воздействие оказывает на пассажиров само пребывание в таком уникальном сооружении, где в неразрывном единстве воплощены достижения современного искусства и техники.

Коллективы метрополитенов Украины пользуются общей любовью горожан и гостей Киева и Харькова за умелую, четкую работу, высокую культуру в работе по перевозке населения.

**Станции Новосибирского метрополитена.** Станция Площадь Ленина — одноводчатая мелкого заложения. Станцию отличает монументальность и простота архитектурных форм. Выразительность этих форм, композиционная целостность всего комплекса служат раскрытию идейно-художественной темы станции. Этой же задаче служит и цветовое решение. Оно построено на сочетании красного и белого мрамора. В торцевых прямоугольных стенах размещены тематические панно.

Станция Вокзальная — трехпролетная колонного типа. Перекрытие станции выполнено из монолитного железобетона. Центральный пролет имеет купола с шагом 6 м и диаметром в плане



Рис. 22. Станция Якуба Коласа (Минск)

4 м. В боковых пролетах в пределах платформы размещаются купола диаметром 2,2 м. Колонны имеют круглое очертание. Отделка выполнена белым мрамором «слюдянка».

Станция Сибирская имеет центральный односводчатый пролет с радиусом свода 2,5 м. В боковых пролетах над платформенной частью в уровне ригеля — подвесной штукатурный потолок со встроенными в него светильниками. Освещение проектируется на основе люминесцентных трубок и отражателей из стекла и цветного металла. Художественно-декоративное панно расположено на фронтоне эскалаторных тоннелей.

Станция Октябрьская. Колонны станции декорированы в форме стилизованных факелов. Плотность цвета мрамора по высоте колонны постепенно изменяется. Освещение люминесцентное с отражателями индивидуального изготовления. Стены и колонны облицованы мрамором Питиневского месторождения.

Путевые стены и колонны станции Студенческая отделаны саянским мрамором светлых тонов.

**Метрополитены Закавказья.** В архитектуре станций подземной дороги в Тбилиси, первом метрополитене Закавказья, отражены важнейшие страницы истории города и республики. Наземные станции Дидубе и Электроднепровская выполнены с широким использованием средств современной архитектуры — стекла, алюминия, пластика. Все это в сочетании с уже ставшими традиционными для отечественного метро мрамором, гранитом, известняками делает подземные дворцы эталонами строительного искусства и архитектуры.





Рис. 23. Фрагмент станции Московская (Горький)

Чем-то похожа на станции Московского и Ленинградского метрополитенов станция Руставели. И в то же время вас ни на минуту не покидает ощущение того, что вы находитесь в столице Грузии. Ряд оригинальных композиций в оформлении станции воссоздает героику эпохи Руставели. Станция является как бы синтезом современной архитектуры с историческим наследием мастеров грузинского зодчества, отражает колорит и национальное своеобразие Грузии.

Совершенно в ином стиле предстает перед нами архитектура станции Политехнический институт. Свод собран из фигурных асбоцементных элементов ромбической формы и эффективно подсвечивается встроенными в карнизы лампами, подчеркивая его рельефную геометрию. На торцевых стенах цветные мозаичные тематические панно.

Но не только красота подземных дворцов привлекает в Тбилисском метро. Здесь нашли применение многие новшества, которые пройдя проверку на прочность, были затем внедрены в других метрополитенах страны. К примеру, впервые в стране на Тбилисском метрополитене применено отключение освещения тоннелей во время движения поездов, что позволяет получить значительную экономию электроэнергии. В дальнейшем это новшество было распространено на все метрополитены страны.

Второй в Закавказье метрополитен, расположенный в столице Азербайджана Баку, создавался в те годы, когда большинство специалистов придерживалось мнения, что оформление станций

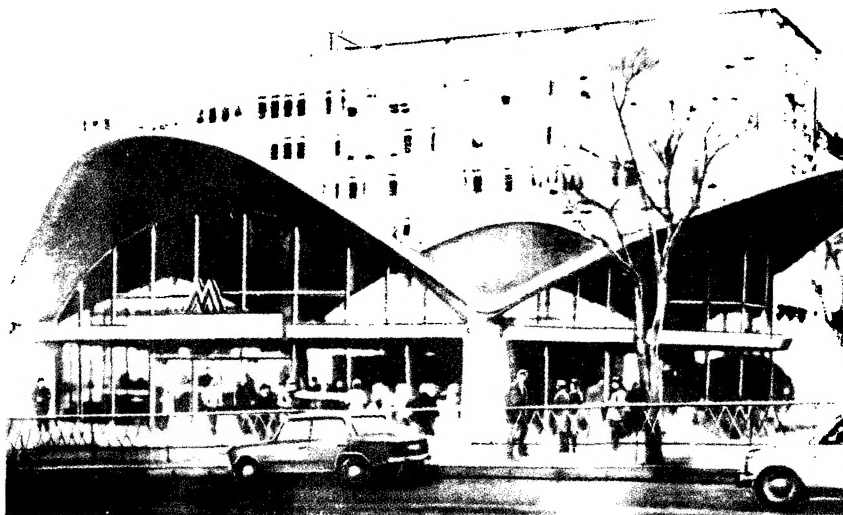


Рис. 24. Вестибюль станции Исани (Тбилиси)

должно выполняться без излишеств, но не без красоты, поскольку метро прежде всего транспортное предприятие и главная его цель — обеспечение перевозок пассажиров.

Примером может служить станция Баки Совети, расположенная на ул. Коммунистической. Эта станция — глубокого заложения, имеет наземный и подземный вестибюли. Оформление строгое, на стенах и пилонах, облицованных среднеазиатским мрамором «газган» с гаммой цветов от светло-розового до зеленовато-серого, резцом сделаны рисунки, изображающие достижения Азербайджана за годы Советской власти.

Станция 26 Баки Комиссары расположена на пересечении проспекта им. Кирова и ул. Хагани. Подземный вестибюль, как и станция Баки Совети, имеет три зала. Пилоны и стены среднего зала покрыты мозаикой алого цвета из сплава хрустального стекла с металлами, дающего богатую гамму оттенков.

Станция 28 Апрель находится на привокзальной площади и удачно вписывается между зданиями нового железнодорожного вокзала и старого Сабунчинского — действующего. Наземный вестибюль увенчан цилиндрическим куполом, обрамленным национальным орнаментом «шебеке». Огромное панно из чеканки, размещенное на торцевой стене под карнизом, рассказывает об этапах развития транспорта на планете. На арке при выходе из подземного вестибюля установлена чеканка, изображающая рукопожатие трех рук. Она символизирует братство трех закавказских республик — Грузии, Армении и Азербайджана.

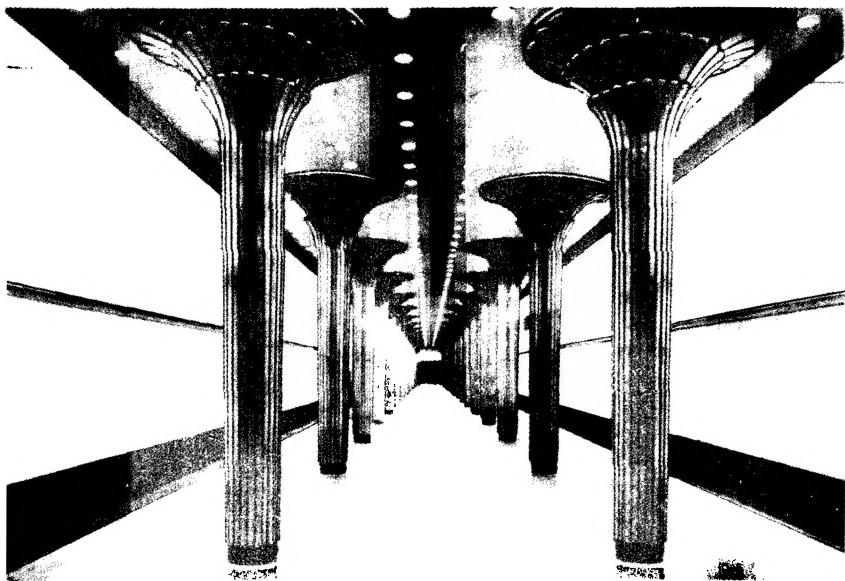


Рис. 25. Станция Нариманов (Баку)

байджана. На торцевой стене среднего зала подсвечиваемый герб города — морская волна и три факела.

Станция Гянджлик. Ее зал колонного типа напоминает станцию Кропоткинскую в Москве. Колонны выполнены в виде двухъярусного цветка, облицованы белым мрамором. На колонны и на карнизы стен нанесен восточный стрельчатый рисунок. Он и подсветка капителей как бы поднимают потолок, делают вестибюль станции более воздушным. Панно на стенах кассовых залов выполнены флорентийской мозаикой и тематически посвящены спорту. Символические фигуры юношей и девушек олицетворяют силу и ловкость. Название самой станции подтверждение тому. Слово «гянджлик» на азербайджанском языке означает молодость.

Самой лучшей в Бакинском метрополитене по праву называют станцию Нариманов (рис. 25). Стройные, отливающие щедрым золотом и облицованные под бронзу колонны похожи на гигантские снопы янтарной пшеницы. Сходство это усиливается тиснением — вертикальной профилировкой. Все это придает залу вид подземного сказочного дворца. Удачное расположение источников света, утопленных в плоском потолке, и скрытое закарнизное освещение потолка над станционными путями создают ощущение открытого неба над головой, усеянного яркими звездами. На торцевой стене станции установлен чеканный барельеф Н. Нариманова со вставками на тему славной революционной истории Баку.

Архитектура станций глубокого заложения решалась с учетом их конструктивных особенностей, которые диктовали достаточно четкие и определенные условия композиционных решений.

Одна из удивительно красивых станций бакинского метрополитена станция Низами (архитектор — академик М. А. Усейнов, художник — народный художник СССР М. Абдулаев). Здесь по особому неповторимо решен один из залов станции, который представляет собой симметрично расположенные относительно продольной оси станции две аркады, перекрытые сводом.

Великолепно выполнено красочное панно смальтовой мозаики, рассказывающее о пяти всемирно известных поэмах великого азербайджанского поэта-гуманиста XII века Низами Гянджеви. Большой портрет Низами, выполненный в мягких пастельных тонах смальтовой мозаики, завершает художественное решение среднего зала.

Своеобразно решено также освещение среднего зала. Люстры со спокойными тонами ламп накаливания выглядят как национальный азербайджанский архитектурный декоративный элемент в виде сталактитов. Крупные, они выполнены из анодированного стилизованного под бронзу алюминиевого литья.

На центральной площади, названной в честь II-й Красной Армии, расположена одноименная станция метрополитена второй очереди. Свое название она получила в честь армии, освободившей Баку от мусаватского правительства и восстановившей в Азербайджане власть Советов. На этой площади воздвигнут групповой скульптурный монумент, отображающий это историческое событие.

При проектировании станций и вестибюлей (архитектор К. Сенчихин) была поставлена задача выразить в камне эти важнейшие исторические события.

Эта задача решена путем композиционного оформления конструктивных форм, применения специального отделочного материала, а также путем придания всем помещениям станции и ее архитектурным элементам особой целесообразности пропорций. Впечатляюще несущие восьмигранные колонны, которые венчаются простыми по форме капителями.

В центре потолка расположены пять групп барельефов, в которых с помощью геральдических приемов отражены подвиги воинов-освободителей. На стеновой облицовке против барельефов на потолке устроены в виде бронзовых дверей, украшенных геральдикой, вертикальные «акцепты». Основные помещения и колонны отделаны светлым мрамором, а барельефы и двери на путевой стене выполнены из изделий золотистого цвета.

Полы платформы отделаны красным гранитом с продольными полосками из белого камня, которые создают впечатление длинной красивой дорожки. Над лестничными и экска-

латорными пассажирскими сходами расположены декоративные панно, которые повествуют о приходе красноармейцев 11-й Красной Армии в Баку.

На стенах вестибюлей из белого и красного мрамора выполнены интересные цветные декоративные панели с филеиками. На них высечены надписи, повествующие о важнейших революционных событиях.

Ереванский метрополитен был принят в эксплуатацию 24 февраля 1981 г. — в день открытия XXVI съезда КПСС.

Многие выступавшие на митинге по случаю открытия метрополитена отмечали, что строительство метрополитена — новая блестящая страница в летописи бурного преобразования и процветания прекрасного Еревана. «Мог ли даже самый большой фантазер и мечтатель старого Еревана представить, что пройдет всего лишь шесть десятков лет и захолустный, задыхающийся в пыли городишко превратится в цветущий миллионный город и по его подземным магистралям побегут голубые поезда метро. А это чудо легендарного преобразования Еревана, всей нашей республики свершилось благодаря Октябрю, Ленинской национальной политике, нерушимой дружбе и братской взаимопомощи народов Страны Советов» — говорил первый секретарь ЦК Коммунистической партии Армении тов. К. С. Демирчан.

Мне рассказывали, что нередко можно видеть армян, проживающих за рубежом и приезжающих туристами в СССР, стоящими на коленях и целующими мрамор полов. Их слезы восхищения — это признание огромной заботы партии и правительства о благе и процветании социалистической Армении.

Станции, построенные на Ереванском метрополитене, можно разделить на два типа: сборно-моноконтрукции с колоннами (станции Площадь Ленина, Сараланджи и Дружбы) и из моноконтрукции бетона пилонного типа (рис. 26).

Ереванский метрополитен по своему техническому оснащению и автоматизации перевозок является современной транспортной системой и ни в чем не уступает ведущим метрополитенам мира, хотя первоначально замышлялся как скоростной трамвай.

Здесь новейшие устройства автоматики по движению поездов, электроснабжения. Освещение станций выполнено с применением современной осветительной аппаратуры. Изящные хрустальные люстры и светильники являются украшением станционных залов.

Вестибюли, станционные залы выполнены с учетом современных требований эстетики и достижений национального зодчества.

Станции имеют верхний вестибюль, связанный эскалаторами с посадочными платформами. Все станции глубокого заложения (кроме станции Сасунци Давид), состоят из трех тоннельных сводчатых галерей, которые между собой соединяются

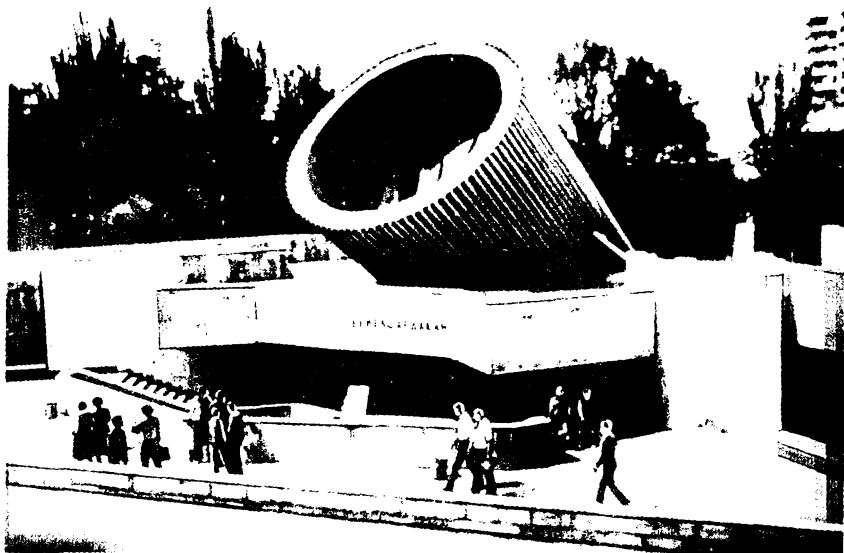


Рис. 26. Вестибюль станции Ертисардакан (Ереван)

проемами, построенными между колоннами, аркадами или пилонами. Каждая станция не имеет архитектурных аналогов, отделана ценными породами гранита, мрамора, туфа, базальта, габбро, травертина, прибывшего сюда из многих районов Советского Союза.

Барельефы и декоративные панно, украшающие станции, повествуют о многовековой истории армянского народа. В художественной отделке и оформлении станций принимали активное участие мастера из Москвы, Украины, Удмуртии, Бурятии.

Метрополитены Закавказья — это современные транспортные предприятия с высокой автоматизацией и механизацией производственных процессов, но главное, что можно увидеть, знакомясь с их работой, это то, что в их сооружении участвовали многие республики и города Советского Союза, а это свидетельство нерушимой дружбы народов нашей страны.

**Особенности архитектуры и строительства Ташкентского метрополитена.** Неповторимы станции Ташкентского метро. Архитектурно-художественное и монументально-скульптурное оформление учитывает традиции национального зодчества, использует традиционные восточные орнаменты и изделия из керамики и чеканки по металлу. Но не только своими красотами привлекателен этот метрополитен страны. Здесь впервые в практике проектирования и строительства отечественного метро были применены оригинальные проектные решения в технологии метростроения.

В Ташкенте было использовано адиабатическое охлаждение и увлажнение воздуха в системе основной вентиляции. Учитывая климатический фактор, внедрены высокопроизводительные самоочищающиеся фильтры ВСФ-300, что позволило в летнее время очищать воздух, подаваемый на станции и в тоннель от пыли, увлажнять и понижать его температуру с 40 до 25 °С. Тем самым созданы комфортабельные условия для пассажиров в самые знойные дни. Надо заметить, что конструкция противодутьевой вентиляционной сбойки выполнена односводчатой с уменьшением длины вдвое и сохранением объема разрядки воздуха.

При проводке тоннелей открытым способом применена цельносекционная обделка, состоящая из укрупненных сейсмостойких элементов, размер блока — 1,5 м в ширину.

Впервые в условиях высокой сейсмичности на перегоне между станциями Пахтакор и Площадь В. И. Ленина использована обделка, обжатая в породу с помощью блокоукладчика, оборудованного оконтуривающим устройством.

В конструкциях перегонных тоннелей закрытого способа производства работ с обделкой из сборных элементов внедрены клиновидные железобетонные блоки и антисейсмические узлы. Они обеспечивают гибкость конструкции обделки при землетрясениях.

Много прогрессивных решений, отличающихся новизной и оригинальностью воплощено при сооружении второй очереди Чиланзарской линии. Впервые в практике отечественного метростроения разработана и использована сейсмостойкая конструкция пешеходных тоннелей из объемных цельносекционных железобетонных блоков. Отработана и внедрена конструкция и технология сооружения лотка колонной станции Пушкинская из укрупненных сейсмостойких железобетонных блоков. Сборно-декоративный подвесной потолок этой станции изготовлен из цементно-песчаных блоков. Используются сборные железобетонные купола диаметром 5 м при сооружении монолитной односводчатой станции М. Горького. На станции Х. Алимджана одновременно с сооружением монолитного свода выполнены архитектурно-художественные арки из бетонных блоков со стеклосмальтой и готовой лицевой поверхностью.

Большой интерес представляют собой новшества, примененные на Узбекистанской линии. На станции Айбек разработаны и внедрены новые сейсмостойкие железобетонные секции из крупноразмерных объемных элементов. Они позволили обеспечить высокий уровень индустриализации и механизации работ, снизить на 30% трудовые затраты, сократить в полтора раза сроки возведения. Примененная в технологии строительства стендовая изоляция цельносекционной обделки позволила увеличить производительность труда на изоляционных работах втрое при повышении качества.

Впервые в практике метростроения разработан и внедрен роторный увлажнитель воздуха в стационарной вентиляционной камере. Использована конструкция совмещенной венткамеры и вентиляционной сбойки.

При сооружении станции Ташкент сделано перекрытие платформы из сборных железобетонных плит с готовым архитектурным оформлением кессонной части. При строительстве перегонных тоннелей открытым способом использован новый механизированный щит КМО 2×5. Он позволил вести монтаж блоков ЦСО в котловане с вертикальными стенками без предварительного крепления.

Много новшеств используется в организации движения Ташкентского метрополитена. В качестве основной применена система автоматического регулирования скорости (АРС), рассчитанная на пропуск 40 пар пятивагонных составов в час пик. Узбекская линия оборудована диспетчерской централизацией с применением бесконтактных быстродействующих устройств телемеханики.

#### **§ 44. Основные направления развития метростроения**

Проблема массовых пассажирских перевозок в крупных городах с населением 1 млн. человек и более, как правило, успешно решается только посредством создания внеуличного транспорта — метрополитена, отличающегося большой пропускной способностью, высокой скоростью сообщения и регулярностью движения.

Вместе с тем метрополитен относится к числу технически сложных и капиталоемких сооружений. Опыт показывает, что строительство метрополитена целесообразно осуществлять при наличии пассажиропотока не менее 20—25 тыс. человек в час пик в одном направлении. При этих и более высоких нагрузках только метрополитен способен обеспечить высокую комфортность перевозки пассажиров.

В настоящее время в Советском Союзе эксплуатируются метрополитены в двенадцати городах. Метрополитены сооружены и эксплуатируются в различных инженерно-геологических и климатических условиях от зон «размыва» в Ленинграде, зон наличия агрессивных вод в Баку и Тбилиси до зон высокой сейсмичности в Ташкенте и условий суровой зимы в Новосибирске.

Услугами метрополитенов в нашей стране пользуются 4,5 млрд. пассажиров в год. Пассажиронапряженность сети отечественных метрополитенов очень велика: к примеру в Москве и Ленинграде она соответственно составляет 13,3 и 11,6 млн. пассажиров в год на 1 км линии, что в 2,5—3 раза больше, чем на самых крупных метрополитенах мира. В среднем за одни сутки



метрополитены СССР перевозят более 12 млн. пассажиров. В ряде городов метрополитены стали основным видом городского пассажирского транспорта. Удельный вес Московского метро в общегородских перевозках пассажиров составляет 42%, Ленинградского — 25%, Киевского — 23%, Тбилисского — 29%.

Провозная способность отдельных линий в час пик на лимитирующих перегонах достигает 60—70 тыс. пассажиров.

В настоящее время в СССР принято рассматривать вопрос о строительстве метрополитена, если население города превышает 1 млн. человек. По прогнозам к 1990 г. в стране будет насчитываться 25 крупнейших городов с населением более 1 млн. человек.

Роль метрополитена в транспортном обслуживании населения крупнейших городов страны будет продолжать возрастать, что потребует расширения действующих и строительство новых метрополитенов в ряде городов.

Анализ экономической эффективности эксплуатационной деятельности метрополитенов свидетельствует, что в крупных городах, там где сеть метро состоит из двух и более линий, доходность его значительно выше, поэтому намечено продолжить строительство новых и продление действующих линий. В Москве, Ленинграде и Киеве — крупнейших по величине и значению центрах страны — в часы пик на отдельных направлениях пассажиров перевозится больше, чем было предусмотрено проектом. До 2000 г. предусматривается ускорить развитие сети подземных трасс и ввести в Москве не менее 140 км, Ленинграде — 90 км, в Киеве — 40 км новых линий. В других городах с действующими метрополитенами предполагается построить дополнительно 25—35 км подземных трасс.

Значительна программа ускорения темпов развития Московского метрополитена. Это вызвано прежде всего бурным развитием города, строительством в короткие сроки микрорайонов на окраинах вдали от исторического центра и от линий метрополитенов.

Планируется ускоренно соорудить Серпуховско-Тимирязевскую и Люблинско-Дмитровскую линии, которые свяжут южные и юго-восточные районы города с северными районами. Ввод в эксплуатацию этих двух линий позволит значительно разгрузить Калужско-Рижскую, Горьковско-Замоскворецкую и Ждановско-Краснопресненскую линии, которые сейчас работают с большим перенапряжением. Будут продлены действующие Кировско-Фрунзенская, Калужско-Рижская и Филевская линии, что обусловлено массовым жилищным строительством в пригородных районах. Институтом Генплана г. Москвы разработаны основные направления по созданию скоростной транспортной метрополитеновской системы столицы.

Одним из главных направлений в строительстве системы скоростного рельсового транспорта Москвы является увеличе-

ние протяженности Московского метрополитена, вызванного развитием города и необходимостью ускренной доставки пассажиров из периферийных зон города. Предполагается, что скоростной метрополитен будет обслуживать население, проживающее в пределах Московской кольцевой автомобильной дороги. В дальнейшем планируется его комплексное развитие вместе с пригородным движением. Продление существующих и строительство новых линий позволит завершить радиально-кольцевую сеть метрополитена города, ее протяженность будет более 350 км.

Для обеспечения быстрых и удобных связей жителей отдаленных микрорайонов Москвы, новых крупных районов застройки, расположенных за Московской кольцевой автомобильной дорогой, прилегающих к Москве городов лесопаркового защитного пояса, существующую радиально-кольцевую сеть метрополитена планируется дополнить системой экспресс-линий метрополитена.

В качестве первоочередной линии, которая может быть сооружена в период до 2000 г., рассматривается линия в направлении Бутово на юге и Митино на северо-западе.

Предполагается в перспективе сооружение еще трех таких линий, в направлении центральной зоны и кольцевой линии, проходящей в периферийной зоне города.

На Ленинградском метрополитене в предстоящий период будут решаться задачи по обеспечению надежной транспортной связи с центром города районов массовой жилой застройки в северо-западной зоне (район Богатырского проспекта), где уже в 1992—1993 гг. будет проживать около 500 тыс. человек. Будут осуществляться работы по разгрузке центральных пересадочных узлов, рассредоточение пассажиров с линий, проложенных в северном направлении. Эти задачи решаются строительством участков Правобережной линии и северных участков кольцевой линии метрополитена.

На Киевском метрополитене предстоит соорудить Сырецко-Печерскую линию, связывающую центр города с районами массовой жилой застройки в левобережной юго-восточной части (Осокорки), а также Подольско-Воскресенскую линию с мостовым переходом через р. Днепр, позволяющую связать центр города с районом Троещина в северо-восточном секторе города.

На Тбилисском метрополитене будут продлены Дидубе-Самгорийская и Сабурталинская линии, а также осуществлено строительство третьей линии из старой части города в северо-восточный район новых жилых массивов Вазисубани.

На Бакинском метрополитене будет продлена первая линия в район Ахмедлы, в северные районы пройдет вторая линия, которая в последующем будет продлена в восточном направлении.

На Харьковском метрополитене завершится строительство второй очереди, прокладываемой в Салтовский район застройки города и войдет в эксплуатацию третья очередь от станции

Спортивная (с узлом пересадки на первую линию) в северную часть города до станции 23 Августа и далее на север.

На Ташкентском метрополитене будет завершено строительство второй линии от станции Бериши до станции Чкаловская и выполнены основные объемы работ на строительстве третьей линии с севера на юг от станции Юнус-Абад до станции Лахути.

На Ереванском метрополитене действующая линия будет продлена в район Ачапняк и далее к Электроламповому заводу.

На Минском метрополитене завершаются работы по сооружению второй линии, проходящей через центр города с северо-запада на юго-восток.

На Горьковском метрополитене предстоит закончить работы по продлению в южном направлении Автозаводской линии и по строительству второй очереди метрополитена и Сормовско-Нижегородской линии, связывающей мостовым переходом через реку Оку центральные районы города с промзоной в районе Сормово.

На Новосибирском метрополитене будут завершены работы по строительству 1-й очереди от станции Красный проспект до станции Студенческая и выполнен основной объем работ по сооружению второй линии, связывающей железнодорожный вокзал с развитой промышленной зоной.

Помимо одиннадцати городов, в которых в настоящее время эксплуатируются метрополитены, в расчетный период (до 2000 г.) будут проводиться работы по строительству линий метрополитенов еще в 13 городах: Куйбышеве, Свердловске, Риге, Алма-Ате, Омске, Челябинске, Красноярске, Ростове-на-Дону, Уфе, Перми, Одессе, Донецке и Казани.

В двенадцатой пятилетке планируется ввести в эксплуатацию более 135 км новых линий, реконструировать 110 км старых линий.

Особенностью двенадцатой пятилетки является то, что ввод новых линий планируется во всех городах, где уже эксплуатируются метрополитены, при этом предусматривается также ввести метрополитены в трех новых городах: Куйбышеве, Свердловске и Днепропетровске и начать строительство в городах Риге, Алма-Ате, Омске, Челябинске, Красноярске.

Будут разработаны технико-экономические обоснования и проекты строительства метрополитенов в городах Донецке, Казани, Ростове-на-Дону, Уфе, т. е. в двенадцатой пятилетке будут эксплуатироваться метрополитены в 14 городах, а проектирование и строительство будет производиться в 23 городах СССР.

Большое внимание будет уделяться реконструкции действующих метрополитенов, что вызывается ростом населения городов и объема пассажирских перевозок.

На кольцевой линии Московского метрополитена размеры движения увеличатся на 3—5 пар поездов в час, на Калининской линии на 5—7 пар поездов в час.

На Святошино-Броварской линии Киевского метрополитена в 1988 г. размеры движения возрастут до 45 пар поездов в час.

В целях увеличения провозной способности количество вагонов в составе в ближайшие годы также увеличатся. Так, например, на Минском метрополитене число вагонов в составе возрастет с 4 до 5, а в Ереване — с 3 до 4. На Московском метрополитене на Серпуховской и Калужско-Рижской линиях в поезде вместо 7 установлено 8 вагонов.

Совершенствование перевозочного процесса и улучшение культуры обслуживания пассажиров требуют дальнейшего повышения надежности работы технических средств, прежде всего подвижного состава и эскалаторов.

Для обеспечения достаточной ремонтной базы технических средств метрополитенов до 2000 г. будут созданы производственные базы для обслуживания нескольких метрополитенов.

На Киевском метрополитене, например, завершен ввод в эксплуатацию базы по ремонту подвижного состава, мощность которой удовлетворит потребности как Киевского, так и Харьковского и Днепропетровского метрополитенов.

В двенадцатой пятилетке планируется строительство новой базы в Ташкенте с учетом потребностей метрополитенов Новосибирска, Свердловска, Куйбышева, а в Тбилиси для Еревана и Баку.

На Московском метрополитене будет завершено строительство Выхинского завода по ремонту вагонов, предусмотрено начало реконструкции завода по ремонту подвижного состава в районе электродепо Сокол.

В 1986—1990 гг. предстоит ввести в эксплуатацию 9 электродепо на Московском, Ленинградском, Ташкентском, Куйбышевском, Свердловском и Днепропетровском метрополитенах. Предусматривается также строительство поточных линий для ремонта вагонов и оборудования, колесных пар, тележек, тяговых двигателей на Московском, Ленинградском и Киевском метрополитенах.

Для более полного удовлетворения потребностей метрополитенов в ремонте эскалаторов на Московском метрополитене к 1990 г. будет значительно увеличена мощность Опытного электромеханического завода (ОЭМЗ) по ремонту эскалаторов, что полностью обеспечит потребность большей части метрополитенов в ремонте.

На Ленинградском метрополитене также будет сооружена ремонтная база эскалаторов.

На Киевском метрополитене будут расширены мастерские по ремонту оборудования.

Таким образом, метрополитены к 1990 г. будут иметь достаточные ремонтные мощности, обеспечивающие потребности метрополитенов до 2000 г.

В наступающей пятилетке необходим еще более тесный контакт с научно-техническими и проектными организациями. Потребуется еще более тесно сблизить науку и эксплуатацию для успешного внедрения на метрополитенах основных заданий научно-технической программы 1986—1990 гг.

## СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИИ МЕТРОПОЛИТЕНОВ

### § 45. Основы эксплуатации

Основной задачей метрополитена является обеспечение бесперебойных перевозок пассажиров в городе в соответствии с утвержденным планом и во взаимодействии с другими видами транспорта. На основании плана пассажироперевозок рассчитывают потребность и степень использования технических средств, прежде всего моторвагонного подвижного состава, станций, пути, устройств СЦБ и связи, автоматики, определяют необходимую численность эксплуатационного персонала и устанавливают порядок действия работников, связанных с движением поездов.

Заданные пассажиропотоки являются основой для составления графика движения поездов, который концентрирует в себе решение комплекса задач по организации движения поездов и перевозкам пассажиров.

Графиком устанавливаются необходимые размеры движения, время отправления и прибытия поездов на станции, скорости движения по перегонам и участку и некоторые другие параметры.

В социалистическом обществе эксплуатационная работа метрополитенов основывается на плановой государственной системе хозяйствования, что обеспечивает высокий уровень организации движения поездов и перевозок пассажиров при минимальных затратах.

Эксплуатационной наукой на основе анализа работы технических средств, изучения закономерностей организации перевозок пассажиров в городах, использования опыта работы железных дорог выработаны практические рекомендации по:

оптимальной и безопасной организации движения и перевозок пассажиров;

наиболее рациональному использованию вагонов, устройств пути, СЦБ и связи, ремонтных предприятий и других технических средств;

развитию пропускных и провозных способностей линий метрополитенов;

установлению технических норм проектирования и строительства, а также этапности и сроков развития и реконструкции линий метрополитенов;

внедрению новейших приемов организации работы диспетчерских участков станций и рациональных приемов организации путевых и ремонтных работ.

Советские ученые-железнодорожники, используя опыт передовиков производства и передовых предприятий, разработали основные положения по организации работы дорог, которые с учетом некоторых особенностей успешно применяются на метрополитенах.

Это прежде всего:

теория построения графика движения и методика расчета пропускных способностей участков;

теория организации работы станций и пересадочных узлов с учетом опыта работы передовых коллективов, комплексного внедрения автоматики, новейшей техники и телемеханики;

новые приемы рассредоточения пассажиропотоков между группой станций путем передачи части пассажиров наиболее загруженных станций на менее загруженные и координации работы всех видов городского транспорта;

изучение пассажиропотоков методом учета пассажиров, пользующихся метрополитеном, и разработка мер по их полной, своевременной и безопасной доставке на станции назначения;

разработка теории, системы контроля и совершенствования эксплуатации э. п. с. и устройств электроснабжения.

Развитие эксплуатационной науки базируется на опыте работы Московского метрополитена, заложившего основные направления организации движения поездов и обслуживания пассажиров, Ленинградского метрополитена — по комплексному внедрению технических средств, обеспечивающих совершенствование всего перевозочного процесса, Киевского метрополитена — по организации работы станций с помощью телевидения и новейших средств автоматизации. В разработке теории совершенствования эксплуатационной работы использован опыт работы и других метрополитенов.

Важным условием повышения степени использования технических средств является техническое нормирование, которое должно обеспечить максимальное ускорение оборачиваемости подвижного состава и сокращение расходов на его содержание.

При утверждении технических норм учитываются скорости движения, пропускные способности участков, особенности эксплуатации тяговых средств.

Для оперативного составления нормативных документов, расчета норм и разработки вариантных графиков на каждом метрополитене создан вычислительный центр. ВЦ метрополитена решает не только эксплуатационные, финансово-контрольные и другие задачи, но и обеспечивает непрерывный контроль за организацией движения, расходом электроэнергии на тягу поездов, графиком исполненного движения и др.

Известно, что интенсивность перевозок на метрополитенах неравномерна в течение суток (в утренние и вечерние часы она на 35—40% выше, чем в обычное время), в различные дни недели (в воскресенье и праздничные дни наблюдается снижение), она зависит также и от времени года.

На отдельных метрополитенах интенсивность перевозок зависит даже от погодных условий: зимой при похолоданиях и снегопадах она возрастает, а летом при плохой погоде снижается. Подобная, порой непредсказуемая, неравномерность требует иметь в запасе резервные поезда и поездные бригады. Резервные составы вводятся в действие по мере необходимости по приказу поездного диспетчера.

Одной из основных задач, требующих решения, является повышение скоростей движения, а следовательно, и сокращение времени на поездку. Для этого необходимо обеспечить хорошее содержание пути на перегонах, высокую надежность технических средств, прежде всего устройств СЦБ и связи, а также максимально использовать тягово-энергетические возможности моторвагонного подвижного состава. Немаловажное значение имеет и сокращение времени стоянок на станциях, так как их длительность во многом определяет пропускную способность участков.

Главное управление метрополитенов Министерства путей сообщения задает каждому метрополитену годовой план перевозки пассажиров с разбивкой по кварталам и месяцам. На основании этого плана устанавливается задание по финансированию перевозок, содержанию необходимого штата и некоторые другие показатели.

Графиком движения определяются задания по участковой и технической скорости. Перегонное время хода каждого поезда задается в соответствии с утвержденной допустимой скоростью и тяговыми возможностями подвижного состава. Метрополитенам утверждаются план пассажирооборота, отправления пассажиров, а также экономические показатели, в том числе плановая прибыль, рентабельность, себестоимость перевозок и производительность труда. Для планово-убыточных предприятий утверждается план выделения дополнительной дотации средств на покрытие расходов.

Для руководства метрополитенами разработана логическая схема управления, отличная от общепринятой структуры железных дорог. Центральным органом управления в Министерстве путей сообщения является Главное управление метрополитенов, которое руководит работой всех метрополитенов. Главное управление имеет в своем составе отделы: эксплуатации, подвижного состава, технический, пути и тоннельных сооружений, второй отдел, плановый, финансовый и Главного ревизора по

безопасности движения, эскалаторного хозяйства и электромеханический.

В Главном управлении имеется Управление капитального строительства и реконструкции метрополитенов, в состав которого входят три отдела: производственный, технический и отдел обеспечения оборудованием.

Основными задачами Главного управления метрополитенов являются:

постоянное руководство и контроль всей эксплуатационной, экономической и финансовой деятельности метрополитенов;

обеспечение исправного содержания всех технических устройств и оборудования (вагонов, пути, устройств СЦБ, связи, энергетике, эскалаторов, санитарно-технических устройств и др.) метрополитенов; осуществление необходимых организационно-технических мер по обеспечению их бесперебойной и безопасной работы;

организация эксплуатационной работы на метрополитенах путем регулирования размеров движения в соответствии с потребностями в перевозках пассажиров;

организация ремонта, реконструкции и модернизации технических средств, проведение необходимых мер по повышению качества ремонта, разработка технологических процессов, нормативов и правил; внедрение оптимальной системы ремонта, снижение простоев и сокращение сроков ремонта устройств и оборудования;

осуществление необходимых мер по улучшению использования технических средств при минимальных затратах, распределение моторвагонного подвижного состава между метрополитенами в зависимости от потребности;

разработка перспективных, пятилетних, годовых, квартальных и месячных планов перевозок, финансирования, кредитования, а также планов строительства, капитального ремонта и обеспечения этих планов трудовыми ресурсами;

организация всей хозяйственной деятельности, учета и отчетности, новых условий планирования и экономического стимулирования по опыту Белорусской, Юго-Западной и Приднепровской дорог; проведение мер по снижению расходов, себестоимости перевозок, укреплению хозрасчета, улучшению использования оборотных и основных средств;

анализ хозяйственной деятельности подведомственных предприятий путем проведения ревизий и проверок;

осуществление финансирования предприятий и контроль за выполнением финансовых планов;

руководство научно-техническими разработками, выдача заданий на конструирование новых вагонов, эскалаторов и других технических средств;



контроль за проектированием новых линий и качеством проектов.

Всеми научными разработками в системе Министерства путей сообщения ведает Всесоюзный научно-исследовательский институт железнодорожного транспорта (ВНИИЖТ), имеющий в своем составе отделение метрополитенов, которое разрабатывает и выдает научно обоснованные рекомендации по совершенствованию технических средств и эксплуатационной деятельности всех звеньев метрополитена.

ВНИИЖТом выполнены и выполняются ряд работ, направленных на увеличение пропускной и провозной способности линий с одновременным повышением безопасности движения поездов, совершенствование конструкции подвижного состава и эскалаторов, путевых и тоннельных устройств, механизации работ, улучшение культуры обслуживания пассажиров.

ВНИИЖТом разработана и внедрена система автоматического регулирования скорости (АРС). Это техническое решение является, как известно, основной системой безопасности движения и обеспечивает точное выполнение графика с максимальной в мире интенсивностью движения поездов — 45 пар поездов в час.

В настоящее время закончена разработка новой усовершенствованной системы автоматического управления движением поездов (АСУ ДПМ), которая позволяет повысить степень безопасности движения поездов, пропускную и провозную способность линий (в час пик можно будет дополнительно перевозить 20—25 тыс. пассажиров на одной линии).

В стадии внедрения находится разработанная институтом система управления работой станции (СУРСТ), которая позволяет по новой технологии управлять всеми техническими средствами станции.

Одобрена «Схема комплексного развития транспорта г. Москвы до 2000 года», в которую вошли разработанные институтом предложения в части развития метрополитена.

ВНИИЖТом с участием других организаций разработано технико-экономическое обоснование (ТЭО) по созданию скоростных линий метрополитена для Москвы.

Доказана техническая и экономическая целесообразность строительства таких линий в тринадцатой пятилетке, что обеспечит снижение средних транспортных затрат времени населения минимум в 1,5 раза, повышение пропускной и провозной способности на 25—40% и улучшение культуры обслуживания пассажиров.

Создание скоростных линий метрополитена представляется, таким образом, единственным правильным решением в деле совершенствования работы городского пассажирского транспорта.

## § 46. График движения поездов

Основой плана эксплуатационной деятельности метрополитена является график движения поездов. Исходя из графика движения поездов устанавливается объем работы каждого подразделения, обеспечивающего движение поездов, взаимодействие между ними, технические нормы использования подвижного состава, потребность в рабочей силе и материальных ресурсах, необходимых для выполнения заданных размеров перевозок, и эффективное использование технических средств.

График движения поездов — закон для всех работников метрополитена. Исполнение графика должно обеспечить:

выполнение плана перевозок пассажиров, быстрое качественное, безопасное и удобное их перемещение;

безопасность движения поездов по перегонным, станционным соединительным, парковым и деповским путям;

оптимальную скорость движения поездов и наилучшее использование подвижного состава при экономном расходе электроэнергии;

согласованность в работе станций и прилегающих участков, а также наилучшее использование их пропускной способности;

соблюдение установленной продолжительности непрерывной работы локомотивных бригад.

График движения поездов разрабатывается на метрополитене с учетом размеров движения поездов, утвержденных Главным управлением метрополитенов МПС и планом оборота составов.

На основе графика определяют:

размеры движения поездов по часам суток на каждой линии и участке отдельно для рабочих, субботних, воскресных дней, на летний и зимний периоды;

необходимое количество поездов и вагонов в поезде;

участковые и технические скорости движения;

время отправления поездов со станций, продолжительность стоянок, порядок следования их по перегонам и линиям;

время оборота составов на конечных станциях;

длительность нахождения поездов в отстое (для технического осмотра и ремонта) и в резерве (при неравномерности движения).

О всех отклонениях поездов от графика дежурные по станционным постам централизации, дежурные по станции, машинисты-инструкторы, локомотивные бригады немедленно уведомляют дежурного поездного диспетчера. В исключительных случаях дежурный поездной диспетчер может изменить размеры движения в сторону снижения с последующим уведомлением об этом начальника метрополитена.

Качественное выполнение графика зависит от надежности и четкости работы технических устройств, обеспечивающих

безопасность автоматического управления и регулирования скорости движения поездов, средств связи, электрочасового устройства, ЭВМ и др.

Электрочасовое устройство (часы) постоянно должно давать одинаковые данные о времени на всех станциях, постах централизации, диспетчерских помещениях, в пунктах технического осмотра составов, в депо и других служебных помещениях, работники которых связаны с выполнением графика движения. Движение поездов на метрополитенах производится по местному поясному времени в 24-часовом исчислении.

Средства связи обеспечивают оперативную работу всех служб и подразделений. На метрополитенах предусмотрена система устройств проводной связи, поездной радиосвязи для прямых переговоров машиниста с диспетчером, громкоговорящего оповещения в салонах вагонов и на станциях, для информации пассажиров в пути следования (в поезде), связи пассажиров с машинистом, промышленного телевидения и звонковой сигнализации.

Бланк графика представляет собой графическое изображение движения каждого поезда на специальной сетке, нанесенной на листе определенного формата. На графике нанесены данные о времени прибытия и отправления поездов с конечных станций, проследования их по перегонам, станциям, соединительным веткам, а также времени оборота составов на конечных станциях, и выхода их из депо или отстойных тупиков.

Сетка состоит из взаимно пересекающихся горизонтальных и вертикальных линий. Горизонтальные линии обозначают оси станций, расположенных на конкретном участке линии метрополитена, а расстояния между ними в условном масштабе пропорциональны протяженности перегонов (в масштабе времени). У каждой горизонтальной линии на полях сетки наносятся наименования станций. В верхней или нижней части сетки нанесены две горизонтальные линии, изображающие перегон (ветвь) между станцией и примыкающим к ней электродепо.

Вертикальными линиями сетка графика делится на часовые периоды, начиная с 0 до 24 часов, которые в свою очередь разделены более тонкими линиями — на пяти и одноминутные интервалы. Сверху и снизу вертикальных линий цифрами обозначается время через каждые 5 мин (5—10—15—20—25—30—35—40—45—50—55).

Движение поездов по участку графически изображается наклонными линиями, пересекающими горизонтальные линии сетки в точках, соответствующих времени прибытия, отправления или проследования поезда по каждой станции.

Поезда четного направления наносят на график линиями слева вверх направо, а нечетного направления слева вниз направо.

Каждому поезду присваивается свой номер. Нечетные номера начинаются с цифры 1 и поезд следует по 1 главному пути,

четные — с № 2 и поезд следует по II главному пути. Нумерация продолжается нарастающим итогом в зависимости от количества пропущенных поездов за время работы линии в течение суток.

Поездам, не предусмотренным графиком движения, номера присваиваются при их назначении.

Резервным поездам, указанным в графике, присваивается пятитысячная нумерация (5101, 5201, 5301 и т. д.), где цифра, находящаяся на месте сотен, указывает номер линии 1, 2, 3 и т. д., а две последние цифры — номер поезда.

Перегоночные, обкаточные и другие составы, назначаемые поездным диспетчером, имеют тоже пятитысячные номера, на месте десятков у них стоит цифра 5 (5151, 5251, 5351 и т. д.), последняя цифра означает номер поезда. Порядок следования их по главным путям устанавливается специальной инструкцией.

При назначении дополнительных поездов им присваиваются номера основного поезда, за которым он следует, с добавлением слова «бис» или «доп». Номера поездов на графике наносятся над линией станционного оборота на конечной станции.

В целях обеспечения устойчивой работы моторвагонного подвижного состава, технического обслуживания, профилактического осмотра и ремонта каждому составу присваивается номер маршрута, который наносится на график движения поездов (по наклонной линии). Таблички с номерами маршрутов выставляются в левом окне кабины машиниста в голове и хвосте каждого поезда.

Утвержденные начальником метрополитена и согласованные с причастными службами графики движения поездов выдаются на поездной диспетчерский пункт, посты централизации, электродепо и линейные пункты. На основании графика составляется расписание движения поездов.

Разработкой графиков движения поездов занимаются инженеры-диспетчеры (графисты), возглавляемые старшим инженером-диспетчером.

Каждый вновь составленный график поступает к технику-анализатору, который на основании его разрабатывает плановые задания для подразделений метрополитена и обеспечивает ежедневный их учет, а также показатели использования электроподвижного состава, зависящие от обстановки на линии и учитывающие возможные отклонения от нормальной работы технических устройств, вызывающие задержку, отмену поездов и др.

Основным видом графика на метрополитене (по классификации графиков движения) является параллельный график, так как линии хода поездов параллельны, т. е. поезда следуют с одной и той же скоростью и одинаковым временем следования между конечными станциями.

Для составления графика движения поездов необходимо определить его основные элементы:  
размеры движения поездов;

график оборота подвижного состава;  
время следования по перегонам и линии;  
нормы времени стоянок поездов на станциях для посадки и высадки пассажиров;  
время для оборота составов на конечных или промежуточных станциях;  
технические особенности станций (время на прием, маневры, отправление поезда);  
необходимое количество составов для заданных размеров движения.

Размеры движения (почасовая парность) определяются по величине пассажирских перевозок на критическом (лимитирующем) перегоне в течение одного часа.

Например. За один час в четном направлении движения поездов на заданном перегоне было перевезено 30 900 пассажиров в 6-вагонных поездах при расчетном количестве пассажиров на вагон 170, тогда

$$N = \frac{П}{nT} = \frac{30\,900}{6 \cdot 170} = 30,29,$$

где  $N$  — число пар поездов, потребное для перевозки пассажиров; его для данного случая принимают равным 30;

$n$  — число вагонов в поезде;

$T$  — расчетное число пассажиров на вагон;

$П$  — число пассажиров, перевезенных за один час.

Критический (лимитирующий) перегон определяется по результатам обследования пассажирских потоков. Обследование производится разными методами — анкетными, талонными, оперативными и др. Применение промышленного телевидения и электронных устройств повышает точность учета пассажиров.

После обработки материалов обследования, зная особенности формирования и распределения пассажирских потоков, разрабатывают размеры движения по часам суток, дням недели (рабочие, субботние, воскресные) и периодам года (летний и зимний).

По суточным размерам движения производится построение графиков оборота подвижного состава и графиков движения поездов.

Плановые размеры движения разрабатываются в каждом метрополитене и утверждаются Главным управлением метрополитенов МПС.

На основании «Рекомендаций по составлению метрополитенами плановых размеров движения по часам суток» расчетная средняя населенность вагона определяется в часы пик исходя из нормы плотности пассажиров 5 человек на одном квадратном метре.

Общая численность пассажиров в одном вагоне при этом составляет от 170 до 200 человек.

Во внепиковое время при норме плотности пассажиров 3 человека на одном квадратном метре общая численность пассажиров в одном вагоне составляет от 120 до 150 человек.

Графики оборота моторвагонных составов составляются на рабочие, субботние и воскресные дни, а также на летний и зимний периоды инженером депо по эксплуатации на основании размеров движения, заданных Главным управлением метрополитенов, и межремонтных пробегов вагонов. Эти графики определяют основную эксплуатационную деятельность электродепо. По графику оборота составов для каждого основного депо определяется:

- число составов для обеспечения графика движения поездов; суточный пробег каждого вагона;

- техническое обслуживание и виды ремонта составов и вагонов;

- график текущего содержания составов;

- продолжительность отдыха и непрерывность работы локомотивных бригад и потребность в них.

Работа каждого состава в течение суток изображается на определенном формате бумажного листа прямой горизонтальной линией. Начало этой линии обозначает выход состава из депо или со станции после ночного отстоя, конец — время прибытия в депо или на станцию для ночного отстоя. Для поочередного технического осмотра составов, находящихся в движении, на этих линиях указывается время их отстоя в пунктах технического осмотра на определенных станциях или путях депо, а также начало и конец технического обслуживания ТО-1, ТО-2, ТО-3 вагонов в депо.

Вертикальными линиями сетка графика делится на часовые периоды с 5 ч 30 мин утра до 2 ч ночи. Такое время определяется началом и концом работы метрополитена по перевозкам пассажиров.

В первой графе дана нумерация маршрутов, во второй — пункт выхода состава на линию после ночного отстоя. В последней графе указывается пункт, куда заходит состав на ночной отстой и номер его маршрута.

Маршрутизация составов, за которыми закреплены определенные вагоны (по номерам), начинается с цифры 1 (1, 2, 3, 4, 5, 6 и т. д.). Каждый день, кроме воскресенья и понедельника, этот номер возрастает на единицу.

Например. Состав из вагонов № 6061-6076-6119-6078-6079-6069 вышел из депо по маршруту № 1, на следующий день с утра маршрут изменяется на № 2 и далее на № 3 и т. д. Номер последнего маршрута меняется на № 1.

Работа составов на линии по маршрутам, по графику движения поездов дает возможность определить суточный пробег каждого вагона в составе.

По суточному пробегу вагонов определяют: постановку составов в ремонт и количество израсходованной электроэнергии; составляют график текущего содержания подвижного состава; производят расчет производительности труда.

Для правильного учета технического обслуживания ТО-1, ТО-2, ТО-3, текущего ремонта ТР-1, ТР-2, ТР-3; капитального ремонта КР-1, КР-2 в электродепо составляется график текущего содержания подвижного состава на каждый месяц. В верхней строчке графика (по горизонтали) расположены числа месяца (1, 2, 3, 4, 5, 6 и т. д.). В первой графе указываются фамилии старших машинистов, во второй — номера закрепленных вагонов. Под числами месяца проставляются номера и условные обозначения ремонтных маршрутов.

Число составов для выполнения заданных размеров движения поездов определяют двумя способами — графическим и аналитическим.

При графическом способе время полного оборота состава на линии (участке) наносят на сетку графика движения поездов, далее наносят все остальные составы исходя из заданных размеров движения в определенное время и интервала между поездами. Число проведенных линий составит потребное количество составов. Число строк графика оборота также обозначает количество составов, ежедневно находящихся в работе.

Для более точного расчета применяется аналитический способ. Расчет по этому способу производят исходя из времени полного оборота состава на линии  $T_{п.об}$  и заданных размеров движения по часам суток:

$$T_{п.об} = t'_x + t'_{об.с} + t''_x + t''_{об.с},$$

где  $t'_x$  — время хода поезда от начальной до конечной станции (от А до Б);

$t'_{об.с}$  — время оборота состава на конечной станции;

$t''_x$  — время хода поезда в обратном направлении;

$t''_{об.с}$  — время оборота состава на второй станции.

Определить потребное число составов можно с помощью коэффициента потребности  $K$  для пропуска одной пары поездов:

$$K = T_{п.об}/60.$$

Зная коэффициент  $K$ , определяют необходимое число составов при данных размерах движения  $M = KN$ , где  $N$  — заданное число пар поездов в час.

При получении дробного числа его округляют в ту или иную сторону и пересчитывают заново время полного оборота состава или интервал между поездами.

Расчеты, проведенные графическим или аналитическим способом, определяют число составов, находящихся постоянно в движении без учета вагонов, находящихся в ремонте и резерве.

Общее число вагонов, потребное для постоянного выполнения графика движения поездов и нормальной работы депо, т. е. инвентарный парк  $V_{инв}$

$$V_{инв} = V_3 + V_{рез} + V_{отк} + P - V_{прик},$$

где  $V_3$  — эксплуатируемые вагоны, постоянно находящиеся в движении. Составы формируются из вагонов и бывают 4, 6, 7 и 8-вагонными;

$V_{рез}$  — резервные вагоны инвентарного парка, ориентировочно составляющие от 5 до 15% эксплуатируемого парка;

$V_{отк}$  — число временно откомандированных вагонов (вне метрополитена);

$V_{прик}$  — число временно прикомандированных вагонов;

$P$  — число вагонов, находящихся в ремонте.

В свою очередь число резервных вагонов  $V_{рез}$

$$V_{рез} = V_{зап. м} + V_{зап. д} + V_{отст},$$

где  $V_{зап. м}$  — запас вагонов метрополитена;

$V_{зап. д}$  — запас вагонов (резерв) депо, устанавливаемый в зависимости от размера предполагаемого объема работы депо;

$V_{отст}$  — число вагонов, временно находящихся в отстое из-за неравномерности движения.

Число вагонов, находящихся в ремонте  $P$ :

$$P = P_{кр-1} + P_{кр-2} + P_d,$$

где  $P_{кр-1}$ ,  $P_{кр-2}$ ,  $P_d$  — число вагонов, находящихся соответственно в ремонте первого и второго объема, а также в деповском ремонте.

Норма их пробегов утверждена Главным управлением метрополитенов. Допускается отклонение от предельно установленных норм на 10%.

Учитывая исключительную сложность подготовки исходных данных для составления графика, особенно в условиях большого количества вариантов графика в зависимости от пассажиропотоков, было принято решение автоматизировать его разработку, используя для этого ЭВМ.

Ученые ВНИИЖТа в содружестве с железными дорогами в 1973 г. разработали первую программу для ЭВМ второго поколения Минск-22, предусмотрев составление графика для двухпутных линий на максимальные размеры движения. Эти разработки нашли применение на метрополитенах.

Алгоритм программы строится таким образом, что машина прокладывает нитки графика по поездо-участкам через каждую минуту, т. е. пропускная способность участков принимается в размере 1440 пар поездов в сутки.

В этом случае первая нитка прокладывается беспрепятственно по всему участку в соответствии с технологическими нормативами, т. е. с учетом обычных исходных данных, при-



нятых при разработке графика. Вторая же и последующие нитки прокладываются также через одну минуту, но при этом учитывается минимальный расчетный интервал полутного следования по условиям безопасности.

Например, первая нитка графика проложена по всему участку, вторая нитка, взятая машиной через минуту, неминуемо встретит препятствие, равное времени на проследование поездом станции, и будет задержана; вторая, третья и все последующие нитки так же. Но шестая и седьмая нитки могут беспрепятственно пройти по части участка или всему участку.

Последующие несколько ниток, взятые через минуту, вновь будут отброшены, а идущая за ними вновь может пройти по участку беспрепятственно и т. д.

Построение графика по этому принципу позволило определить максимальные размеры движения на участке и обеспечить «диалог» диспетчера с ЭВМ при выборе оптимального варианта размеров движения поездов.

#### **§ 47. Организация перевозок на Московском метрополитене**

За более чем пятидесятилетний период эксплуатации на Московском метрополитене накоплен значительный опыт по организации движения поездов, обслуживанию пассажиров на станциях и поездах, информации, обеспечению условий перевозок, автоматизации кассово-пропускных операций.

Этот опыт послужил основой для разработки системы организации движения поездов на других метрополитенах страны и на некоторых зарубежных метрополитенах.

По своим техническим и эксплуатационным характеристикам метрополитен — это железная дорога для городских перевозок. По своей комфортабельности, скорости сообщения он не имеет аналогов среди городских видов транспорта, поэтому пользуется большой популярностью.

Анализ показывает, что по провозной способности метрополитен также занимает ведущее место среди других видов городского транспорта. Кроме того, по сравнению с наземным транспортом он имеет преимущество и в том, что имеет закрытые вестибюли с автоконтрольными пунктами и кассами, распределительными залами и эскалаторными подходами.

Метрополитен пользуется особой популярностью у пассажиров при необходимости дальних поездок в городе. Установлено, что средняя дальность поездки на метро 6—11 км, что в 2—3 раза больше, чем на других видах городского транспорта.

Комфортабельность, дешевизна и сравнительно большая скорость перевозок привлекает значительное число пассажиров и особенно в часы пик, что вызывает заметное напряжение в

работе. Нагрузка на критических перегонах возросла за последние 30 лет более чем в 5 раз и превышает на отдельных участках 80 тыс. пасс. Населенность вагонов в отдельных случаях при интервалах следования поездов 80—90 с более 200 человек.

Напряженно работают Ждановско-Краснопресненская, Горьковская, Калужско-Рижская и некоторые другие линии.

В 1985 г. для Ждановско-Краснопресненской линии, перевозка по которой в часы пик складывалась очень напряженно, особенно в зимние месяцы, были разработаны специальные мероприятия по усилению автоматических устройств движения поездов, перекладке некоторых стрелочных съездов, совершенствованию организации работы моторвагонного подвижного состава.

Семивагонные поезда были заменены на восьмивагонные, что потребовало более четкой организации движения и некоторой модернизации посадочных платформ. Это позволило повысить провозную способность и облегчить посадку пассажиров на станциях Ждановско-Краснопресненской линии. Однако полностью решить вопросы разгрузки этой линии не удалось. Решение данной проблемы возможно лишь при комплексном равномерном распределении перевозочной работы в утренние часы пик между метрополитеном и другими видами транспорта, в том числе и железнодорожным. Вопросы рассредоточения пассажиров на посадочных станциях, прежде всего Ждановской, изменения станций пересадки с электропоездов в вагоны метрополитена ждут своего решения.

Опыт работы Московского метрополитена по повышению провозной способности путем увеличения числа вагонов в поезде нашел свое применение на Ленинградском, Бакинском и некоторых других метрополитенах.

Как известно, руководство движением поездов на участке осуществляет поездной диспетчер. В условиях повышенной интенсивности движения результаты его работы наиболее эффективны при условии применения аппаратуры автоматического ведения графика исполненного движения, выборочного дисплейного контроля за работой станций и пассажиропотоками.

Внедрение системы расчета необходимых размеров движения с помощью ЭВМ позволяет значительно улучшить обслуживание пассажиров. При этом неизменным условием оптимального решения размеров движения является автоматический контроль за фактическим размером пассажиропотока и его прогнозирование. При опоздании поездов и сбоях в движении ЭВМ должна решать задачи по оптимальному восстановлению нормального движения.

Эти предложения широко изучаются на Московском метрополитене, многие из них нашли свое воплощение в практических делах.

Значительные трудности возникают в утренние часы пик по пропуску пассажиров через автоконтрольные пункты. Главная трудность состоит в том, что большое число пассажиров пользуется правом льготного или бесплатного проезда, а это осложняет условия пропуска через неавтоматический контрольный пункт. Специалистами Московского метрополитена разработан и утвержден магнитный билет единого образца. Его применение позволит облегчить работу неавтоматических контрольных пунктов.

Проведенная на метрополитенах по опыту Москвы система мер по увеличению размеров движения до 42—45 пар поездов в час смогла быть реализована только при условии четкого движения поездов по графику, сокращения времени стоянок на станциях (за счет лучшей организации посадки), применения системы ввода дополнительных резервных поездов при увеличении пассажиропотоков и принятия других мер, которые, безусловно, открыли новые страницы в эксплуатационной работе метрополитенов.

Отклонение от графика более чем на 15—20 с на метрополитене недопустимо. Но если такое случается, то принимаются все необходимые меры для ввода поездов в график.

Основными направлениями совершенствования перевозочного процесса, улучшения эксплуатационной работы являются: разработка вариантов оптимальных графиков движения поездов, скоординированных с работой других видов транспорта, и систематизация учета пассажиропотоков;

планомерное осуществление оперативно-технических мер по повышению провозных и пропускных способностей участков;

постоянное сокращение времени хода поезда между конечными станциями участка за счет повышения перегонных скоростей движения и сокращения времени нахождения поезда на станции;

автоматический контроль за пассажиропотоками и периодическое определение оптимальных размеров движения по перевозке пассажиров с помощью ЭВМ.

Решение этих вопросов позволяет более четко координировать работу всех транспортных средств города и ликвидировать «узкие» места.

Перспективным для оптимизации размеров движения является внедрение в работу системы автоматического взвешивания составов с пассажирами, которое дает более полное представление о количестве пассажиров в поездах.

Широкое применение в контроле за эксплуатационной работой всех метрополитенов страны нашла диалого-информационная система контроля работы (ДИСКОР), введенная в эксплуатацию в 1981 г. Эксплуатация системы осуществляется Вычислительным центром Московского метрополитена на базе универсальной электронно-вычислительной машины ЕС-1033.

Технологический процесс функционирования ДИСКОР состоит из следующих этапов:

ежесуточный прием на телетайпы Вычислительного центра основных показателей работы метрополитенов страны;

ввод в ЭВМ информации о результатах эксплуатационной работы и формирование в памяти ЭВМ нужных справок;

организация сеанса связи ЭВМ метрополитенов через видеотерминалы, установленные на рабочих местах пользователей системы. Расстояние между ЭВМ и пользователями системы не имеет существенного значения.

В период проведения сеанса связи на экране терминала набирается код справки и через 10—15 с потребитель получает нужную для работы справку. При необходимости справки могут быть получены на твердом носителе.

В системе реализованы следующие виды справок:

о перевозках пассажиров на метрополитенах (по каждой линии и в целом по метрополитену даются плановое и фактическое количество перевезенных пассажиров, процент выполнения плана за сутки и с начала месяца);

о доходах от перевозок пассажиров (по каждой линии и в целом по метрополитену указываются плановый и фактический доход от перевозок пассажиров, процент выполнения плана за сутки и с начала месяца);

о выполнении графика движения (по каждому метрополитену указываются плановое и фактическое количество пропущенных поездов, количество отмененных и опоздавших поездов с указанием причин отклонений, процент выполнения графика движения поездов за сутки и с начала месяца);

о состоянии вагонного парка (по каждому депо указывается инвентарный парк вагонов, в том числе находящихся в движении, в резерве, в ремонте, в ожидании ремонта; указывается коэффициент использования вагонов);

об использовании вагонного парка (по каждому депо указывается общий пробег вагонов, в том числе с пассажирами, даются нулевые пробеги и пробеги при обкатке; приводятся плановые и фактические показатели поездо-километров, поездо-часов, процент выполнения плана за сутки);

о расходе электроэнергии (по каждому метрополитену указываются плановый и фактический общий расход электроэнергии на тягу, абсолютный расход и удельная норма расхода электроэнергии, процент выполнения плана за сутки).

Система выдает и некоторые другие сводные справки.

Применение ДИСКОР позволило повысить эффективность принимаемых решений за счет оперативного получения справочной информации при сокращении трудозатрат на их получение.

Опыт эксплуатационной работы, ведения хозяйства, поддержания порядка успешно реализуется на других метрополите-

нах. В свою очередь москвичи внедряют в свою работу новые передовые приемы, рожденные на других метрополитенах.

Постоянный рост сети метрополитенов, увеличение числа станций, направлений и радиусов увеличивает трудности ориентирования пассажиров, выбора оптимального варианта следования до пересадочных узлов или конечных станций.

Для правильного выбора маршрута следования пассажиру служат системы информации, которые экономят время в пути, разгружают линии от нерациональных перевозок, увеличивая тем самым провозную способность. Такая комплексная система информации была опробована на Московском метрополитене и нашла широкое применение.

При этом широко применяются следующие виды информации: акустическая, визуальная, радиотелевизионная, справочная.

Наиболее доступной формой информации является визуальная, которая применяется по опыту Московского на всех метрополитенах и состоит из схематического изображения линий с указанием станций, направлений, правил пользования метро, коротких объявлений о начале и окончании работы, порядке пользования эскалаторами, указателей о расположении касс, станций, маршрутах следования городского транспорта и др. Для краткости информации применяются пиктограммы, символы, индексы, которые находят все более широкое распространение.

Очень важно соблюдать однотипность такой информации, не допускать на метрополитенах засорение посторонней информацией, в том числе и рекламной. Информация должна располагаться в удобных для пассажира местах, обладать броскостью, доходчивостью и наглядностью. Знаки должны быть достаточно освещены и удобны для чтения.

Для знаков визуальной информации на Московском метрополитене применяется однотипный фон белого или молочно-белого цвета при черном или темно-коричневом цвете знаков.

Акустическая информация, применяемая на Московском метрополитене, доступна для большинства пассажиров, так как может быть воспринята и в поезде и на станциях одновременно в течение короткого промежутка времени.

На Московском метрополитене использована система цветного обозначения линий с введением присвоенного линиям цвета во все основные указатели станций и схемы.

Схемы линий установлены при входе, в вагонах и в других местах станций. В вестибюлях некоторых крупных станций пассажир может высветить маршрут своей поездки на автоматической световой схеме.

Объявления и указатели, светящиеся наименования станций на стенах выполнены накладными буквами и дополнены схемой данной линии с указанием пересадочных станций и наименованием станций возможной пересадки на другую линию.

В торце станций, рядом с обычными часами, установлены интервальные часы, показывающие время в минутах и секундах, прошедшее после отправления предыдущего поезда. На центральных станциях установлены часы, показывающие месяц, число, день недели, часы, минуты и секунды в цифровом изображении. При входе в метро размещена светящаяся эмблема «М».

В последние годы на станциях высадки и пересадки можно получить визуальную информацию о движении других видов транспорта в близлежащих районах.

Подобная четкая информация нашла широкое распространение и на других метрополитенах, поскольку значительно облегчает ориентирование пассажира при поездке по нужному маршруту.

#### **§ 48. Организация работы локомотивных бригад**

В соответствии с нормативными актами нормальная продолжительность рабочего дня локомотивных бригад метрополитена, занятых на поездной работе, составляет 6 ч.

Продолжительность непрерывной работы локомотивных бригад устанавливается графиком движения поездов и оборота составов и, как правило, не превосходит 7—8 ч. Непрерывная продолжительность рабочего времени свыше 8 ч для локомотивных бригад может быть введена только в виде исключения.

Фактическое отработанное в течение календарного месяца время не должно превышать месячную норму, рассчитанную исходя из 6-часового рабочего дня.

В целях установления единого порядка учета рабочего времени и выполняемой работы за месяц у работников, занятых на непрерывных круглосуточных работах, в частности у локомотивных бригад, учет рабочего времени и выполняемой работы за месяц (для оплаты труда работников), производится по работе (поездкам), законченной в период с 0 ч 00 мин последнего календарного месяца (учет производят по местному времени). В случаях, когда работа производится в двух смежных месяцах, т. е. когда работа (поездка) была начата до 24 ч последнего числа месяца и закончена первого числа следующего месяца, часы работы и выполненная работа должны быть учтены для оплаты в месяце окончания этой работы (поездки). Работа в праздничные дни организуется обычным порядком по установленным графикам.

Временем начала работы локомотивных бригад считается момент явки по расписанию, наряду или вызову к месту постоянной работы (в депо или пункт смены). Временем окончания — момент сдачи электроподвижного состава (в депо или пункте смены).

В случае несостоявшейся поездки временем окончания работы считается момент освобождения локомотивной бригады от поездки.

Прием и сдача состава для длительного отстоя, прохождение медицинского осмотра включаются в рабочее время. Нормы времени на прием и сдачу составов устанавливаются Управлением метрополитена. Вызов локомотивных бригад на работу независимо от продолжительности отдыха между сменами допускается в случаях стихийных бедствий и при других непредвиденных обстоятельствах, нарушающих нормальную деятельность метрополитена.

Локомотивным бригадам после смены предоставляется непрерывный отдых, продолжительность которого определяется месячным именованным расписанием или нарядом. Этот отдых должен иметь продолжительность не менее 12 ч.

В пунктах ночного отстоя составов локомотивным бригадам предоставляется отдых продолжительностью не менее половины предшествующей (вечерней) смены, но в любом случае не менее 3 ч. Еженедельные дни отдыха локомотивным бригадам предоставляются в любой день недели, равномерно в течение месяца. Продолжительность еженедельного отдыха должна быть не менее 42 ч.

Число дней еженедельного отдыха в течение месяца должно быть не менее числа воскресных дней в данном месяце.

По действующему графику движения поездов инженер-технолог участка эксплуатации производит разбивку поездок на смены. При этом продолжительность смен должна быть: после ночи (1 смена) до 4,5 ч, дневная (2 смена) до 8 ч, вечерняя (3 смена) до 8 ч. Смены выше 8 ч не допускаются.

При этом указываются: время и место выхода на работу, время и место окончания работы, продолжительность смены, время, место и продолжительность плановых отстоев состава, время и место перерыва для отдыха.

Разбивка поездок на смены должна быть составлена не позднее чем за 1,5 мес до ввода в действие нового графика движения поездов и утверждена заместителем начальника депо по эксплуатации и профсоюзным комитетом.

Для ознакомления локомотивных бригад с новым графиком и порядком работы утвержденная разбивка поездок на смены объявляется им за месяц до ввода нового графика движения поездов.

На основании утвержденной разбивки поездок на смены и графика текущего содержания составов (для работы локомотивных бригад на закрепленных составах) нарядчики составляют график работы локомотивных бригад на месяц.

При составлении графика работы локомотивных бригад нарядчики должны руководствоваться положением о рабочем времени и времени отдыха локомотивных бригад, установленным

приказом начальника депо, раскреплением локомотивных бригад за составами, графиком оборота составов.

В графике работы локомотивных бригад должны быть учтены: чередование (нахождение) бригады на поездной, маневровой работе и в резерве;

месячная норма рабочих часов и равномерное распределение выходных дней;

распределение подменных выходных дней (каждому машинисту не более 3—4 дней);

приемка составов старшими машинистами из ремонтов и присутствие локомотивных бригад на комиссионных осмотрах составов;

ежегодные отпуска локомотивных бригад.

График работы локомотивных бригад утверждается заместителем начальника депо по эксплуатации, старшим инженером по труду и зарплате и комитетом профсоюза не позднее 25 числа предшествующего месяца. По графику работы локомотивных бригад составляются наряды, которые объявляются в депо за 3—4 дня до начала их действия.

На основании общего графика работы для каждой локомотивной бригады составляются именные графики не позднее чем за 3 дня до начала планируемого месяца.

В именном графике указываются номер маршрута и смены, календарное количество выходных дней, подменные дни.

В расшифровке работы в смену указываются время и место выхода на работу и окончания работы. График работы выдается каждому машинисту на все время действия.

Локомотивные бригады накануне свободного от работы дня обязаны узнать у нарядчиков о дальнейшей работе, так как свободный день не является днем отдыха и нарядчик имеет право назначить локомотивную бригаду на работу. Все остальные изменения в именном графике производятся только в случаях крайней необходимости.

Именные графики составляются для всех локомотивных бригад, кроме тех, которые находятся в отпуске или исполняют другие обязанности, что составляет примерно 9—10%.

Продолжительность времени непрерывной работы других работников (дежурных по депо, маневровых машинистов и их помощников, операторов, машинистов хозяйственных электровазов, дежурных комнат отдыха), связанных с приемом, формированием и отправлением составов из депо, организуется по типовым графикам четырехсменного дежурства с 12-часовой непрерывностью работ. При этом дни еженедельного отдыха предоставляются равномерно во все дни недели. Праздничные и воскресные дни включаются в график, как обычные дни, продолжительность рабочего дня не сокращается, а взамен предоставляются дополнительные дни отдыха, обеспечивается также нормальное чередование дневных и ночных смен.



Графики и расписания работ утверждаются начальником депо и объявляются не позднее чем за 3 дня до начала их действий.

Работа машинистов-инструкторов организуется по месячным календарным графикам, в которых предусмотрено:

выполнение контрольно-инструкторских поездок с локомотивными бригадами в дневное и ночное время, в рабочие и выходные дни;

проведение внезапных проверок выполнения служебных обязанностей бригадами и правильного использования ими предоставленного времени для отдыха в депо или на линии (в комнатах отдыха);

проведение технической и практической учебы, проверок технического состояния (осмотров) составов;

предоставление еженедельных выходных дней равномерно во все дни недели.

Работа в праздничные и воскресные дни производится по графику. Как и в обычные дни, продолжительность рабочего дня в предвыходные и праздничные дни не сокращается, а взамен предоставляются дополнительные дни отдыха, при этом обеспечивается нормальное чередование ночных и дневных смен.

Графики работы машинистов-инструкторов утверждаются начальником депо и выдаются машинистами-инструкторами не позднее чем за 3 дня до начала их действия.

Работа нарядчиков и других работников, связанных с эксплуатационной работой, производится по типовым правилам внутреннего трудового распорядка для рабочих и служащих.

Потребность локомотивных бригад определяется из расчета времени работы подвижного состава  $T_m$  (по маршрутам в течение месяца) по графику движения поездов, числа обращающихся пар поездов и времени работы локомотивных бригад на обслуживаемом участке (за исключением времени отдыха, предоставляемого бригадам в пунктах оборота и депо):

$$T_m = T_p + T_c + T_v,$$

где  $T_p$  — время работы подвижного состава в рабочие дни месяца (из графика движения поездов);

$T_c$  — время работы подвижного состава в субботные дни месяца (из субботного графика движения поездов);

$T_v$  — время работы подвижного состава в воскресные дни месяца (из воскресного графика движения поездов).

Число локомотивных бригад  $B_n$

$$B_n = T_m / t,$$

где  $t$  — число рабочих часов в данном месяце при шестичасовом рабочем дне.

Годовая потребность локомотивных бригад определяется из расчета максимальной потребности наиболее загруженного месяца года.

Приведенный расчет показывает месячную потребность локомотивных бригад для выполнения норм движения поездов. Следует дополнительно рассчитать численность штата для замещения лиц, находящихся в отпуске, выполняющих государственные обязанности, отсутствующих по болезни, обслуживающих автоматизированные поезда (дополнительный резерв), занятых маневровой работой в депо и эксплуатацией подвижных хозяйственных единиц.

Численность дополнительного штата на замещение лиц, находящихся в отпуске, принимается в размере 8,6—9% от общей потребности локомотивных бригад в среднем за год. Этот процент определяется отношением рабочих часов, равных времени отпуска, к среднегодовой величине рабочих часов. Локомотивным бригадам предоставляется отпуск на 24 рабочих дня и 3 дня дополнительных после двух лет непрерывной работы в депо.

Для замещения лиц, выполняющих государственные обязанности, планируют примерно 1,2—2% общего потребного числа локомотивных бригад. Исходя из фактических данных для замещения больных планируют примерно от 3 до 7%.

Дополнительное число локомотивных бригад при обслуживании автоматизированного электропоезда одним машинистом без помощника машиниста составляет от 3 до 5%. Этот процент бригад требуется для оказания помощи машинистам при отказе действующих устройств АЛС-АРС или устройств автоматического управления движением поездов и при других неисправностях электропоездов, когда требуется перейти на обслуживание поездов в два лица.

Общая потребность в дополнительном штате локомотивных бригад для выполнения графика движения поездов 15,8—23%.

Для производства маневровой работы в депо с 40 стойлами (канавами) в сутки необходимо иметь 4 локомотивные бригады, т. е. 4 маневровых машиниста и 4 помощника машиниста. Работа может быть организована и в одно лицо.

Работа на контактно-аккумуляторных электровозах (рис. 27) и других подвижных единицах, сконструированных на базе электроподвижного состава, также производится локомотивными бригадами, каждая из которых состоит из машиниста и помощника машиниста. В сутки требуется от 2 до 3 локомотивных бригад в зависимости от заданных производственных процессов и объема перевозки грузов в тоннелях метрополитена.

Работа маневровых машинистов и их помощников, машинистов и помощников машинистов электровозов и других электроподвижных единиц организуется по типовым графикам четырехсменного дежурства с 12-часовой непрерывностью работ. Следовательно, потребность маневровых машинистов в месяц со-



Рис. 27. Контактно-аккумуляторный электровоз

ставляет 8 человек, помощников машинистов 8, машинистов электровозов 5 человек и их помощников — 5. Это составляет примерно 3—5% от общей потребности численности локомотивных бригад.

Общая численность (штат) локомотивных бригад  $B_{\text{общ}}$  в депо

$$B_{\text{общ}} = B_{\text{п}} + B_{\text{отп}} + B_{\text{б}} + B_{\text{г.о}} + B_{\text{рез}} + B_{\text{ман}} + B_{\text{эл}},$$

где  $B_{\text{п}}$  — потребность локомотивных бригад для выполнения заданных размеров движения на линии;

$B_{\text{отп}}$  — численность дополнительного штата для замещения лиц, находящихся в отпуске;

$B_{\text{б}}$  — дополнительный штат для замещения больных;

$B_{\text{г.о}}$  — дополнительный штат для замещения лиц, выполняющих государственные обязанности;

$B_{\text{рез}}$  — численность дополнительного штата для постоянного резерва;

$B_{\text{ман}}$  — среднегодовая потребность в маневровых машинистах и их помощниках;

$B_{\text{эл}}$  — среднегодовая потребность в машинистах и их помощниках для обслуживания электровозов и других поездных единиц, сконструированных на базе электроподвижного состава.

Для каждой линии метрополитена службой подвижного состава разрабатываются режимы ведения поездов на основании тяговых расчетов и опытных поездок.

Режимы ведения поездов утверждаются заместителем начальника метрополитена после согласования со службами дви-

жения, подвижного состава, СЦБ и связи, с руководством депо, обслуживающего данную линию, и главным энергетиком метрополитена.

Общее время следования по линии (участку) в одном направлении (от станции отправления до конечной станции)  $T_{об}$

$$T_{об} = \sum t_n + \sum t_{ст},$$

где  $\sum t_n$  — сумма времен проследования поезда по каждому перегону;

$\sum t_{ст}$  — сумма времен стоянок поезда на станциях (от прибытия до отправления).

Оборот составов на конечных станциях при интервале движения до 3 мин производится двумя машинистами, один из которых заводит состав в тупик, другой выводит. Такой оборот составов позволяет резко сократить время оборота.

Это время зависит от длины станционных путей, скорости движения согласно ПТЭ, длины состава, технических средств автоблокировки и централизации, а также времени, затраченного на высадку пассажиров, прибывших на конечную станцию, и на посадку пассажиров после оборота состава. Исходя из графика движения поездов и опыта работы время оборота состава на станции составляет от 3 до 4 мин.

Время полного оборота состава (при движении по I и II пути)  $T'_{об}$

$$T'_{об} = t'_x + t'_{об.ст} + t''_x + t''_{об.ст},$$

где  $t'_x$  — время движения поезда от начальной до конечной станции;

$t'_{об.ст}$  — время оборота состава на конечной станции;

$t''_x$  — время движения поезда от начальной до конечной станции в обратном направлении;

$t''_{об.ст}$  — время оборота состава на начальной станции.

Режимы ведения поездов по перегонам в процессе работы можно корректировать, не изменяя при этом общее время следования от начальной до конечной станции.

Время стоянки поездов на станциях зависит от:

условий посадки и высадки пассажиров;

равномерности расположения их на пассажирской платформе; типа электроподвижного состава и его длины;

четкости информации пассажиров посредством радиооповещения, указателей, эмблемных знаков, символов и т. п.;

размеров пассажирских платформ и распределительных залов станций;

работы эскалаторов в зависимости от пассажиропотока и ряда других условий.

Время на прием поездов, производство маневровой работы и отправление поездов определяется технической оснащённостью станций, правильным расположением светофоров, динамически-

ми качествами подвижного состава, состоянием путевого хозяйства и другими средствами.

Для осуществления перевозок различных грузов, необходимых для проведения ремонтных работ, материального обеспечения вновь строящихся линий, содержания станций и тоннелей в надлежащем санитарно-гигиеническом состоянии на метрополитенах применяются мотовозы, дрезины, электровозы и прицепные единицы к ним (платформы, тележки и т. п.).

Движение хозяйственных поездов на линиях производится после окончания движения пассажирских поездов с 1 часа ночи до 5 часов утра по специальному графику. Данные для разработки графика определяются из составленного плана выпуска и работы хозяйственных поездов на месяц. Графики движения хозяйственных поездов составляются на каждую ночь по каждой действующей линии в отдельности.

Поездной диспетчер, получив график, уточняет с руководителями работ заявку на выпуск хозяйственных поездов и при необходимости производит корректировку графика.

Ежемесячный план выпуска и работы хозяйственных поездов составляется по предварительным заявкам служб и предприятий метрополитена или посторонних организаций. В заявке указывается тип тяговой единицы, количество и ряд прицепных единиц, наименование груза, место производства работ (маршрут следования), фамилия ответственного руководителя, источник финансирования. Ежемесячно за 15 дней до начала периода на последующий месяц представляется заявка в диспетчерскую группу планирования хозяйственных перевозок (в службу движения).

Для перспективного планирования службой хозяйственных перевозок подвижного состава составляется квартальный план выделения лимитов на мототранспорт и электровозы.

Исходя из поквартальных планов выделения лимитов на мототранспорт, а также максимальной потребности в один из месяцев года и опыта работы определяется годовая потребность в локомотивных бригадах.

Каждую тяговую единицу (мотовоз или дрезину) должна обслуживать одна локомотивная бригада — машинист и помощник машиниста.

Общая численность штата локомотивных бригад в методдепо с учетом отпусков, выполнения гособязанностей, замещения больных, выполнения маневровой работы в депо увеличивается в связи с этим на 15—20% от общей потребности локомотивных бригад, занятых выполнением графика.

Нормальная продолжительность рабочего времени для локомотивных бригад (машинисты и помощники машинистов), занятых на работе в тоннелях только в ночное время, установлена 5 ч при шестидневной рабочей неделе.

## **§ 49. Организация работы станций, служб и дистанций движения**

Основной эксплуатационной организацией метрополитена является служба движения, которая осуществляет руководство работой дистанций движения и станциями по обеспечению плана перевозок, безопасности движения поездов и пассажиров.

Являясь хозрасчетным линейным предприятием, находящимся на самостоятельном балансе, служба движения действует как социалистическое государственное производственное предприятие, выполняющее следующие основные задачи:

обеспечение выполнения плана перевозок пассажиров, высокой культуры обслуживания, безопасного и беспрепятственного пропуска поездов;

внедрение научно-технических новшеств, постоянный поиск в научной организации труда, совершенствовании технологических процессов, автоматизации перевозочных процессов, использовании передовых достижений предприятий и новаторов производства;

планирование и организацию работы всех подразделений, постоянную разработку предложений по совершенствованию перевозок с учетом изменений в городском развитии;

постоянное развитие и совершенствование различных видов информации, повышение культуры обслуживания пассажиров и обеспечение чистоты и порядка на станциях;

совершенствование контроля за расходом материально-технических средств, снижение финансовых затрат, себестоимости перевозок и повышение уровня услуг;

обеспечение правильных условий оплаты труда, стимулирующих инициативу рабочих, служащих и ИТР, направленную на улучшение работы.

Службу возглавляет начальник, который руководит управлением службы, дистанциями и другими предприятиями на основе принципов демократии и единоначалия.

На небольших метрополитенах служба движения непосредственно руководит работой станций и всей эксплуатационной работой. На Московском, Ленинградском и некоторых других метрополитенах для руководства линиями и станциями организуются дистанции служб движения. Дистанция, как правило, руководит работой станций одного из направлений и осуществляет:

непосредственное руководство работой станций по выполнению технико-экономических показателей, внедрению передовых методов труда и новых технологических процессов;

организацию работы смен в соответствии с графиком дежурств, санитарное содержание станций;

контроль за соблюдением работниками Правил технической эксплуатации, инструкций и положений, обеспечивающих безопасную, бесперебойную работу;

непосредственное руководство технологическими процессами на станциях, обслуживание пассажиров, контроль за соблюдением работниками инструкций по технике безопасности и пожарной безопасности.

Начальником метрополитена на дистанции службы движения могут быть возложены и другие обязанности.

Основной хозяйственной единицей, раздельным пунктом и предприятием, непосредственно обеспечивающим отправлением и посадку пассажиров, является станция.

Станция организует свою работу в соответствии с утвержденным начальником метрополитена технологическим процессом. Основным документом, регламентирующим работу по обеспечению безопасности движения и техники безопасности, является технико-распорядительный акт станций (ТРА), которым определяется порядок действия работников станции в обычных и экстремальных условиях. ТРА станции состоит из следующих разделов:

*Раздел 1. Общие сведения о станции.* В этом разделе содержится сведения о прилегающих к станции перегонах и основных средствах сигнализации и связи при движении как в четном, так и в нечетном направлении, о примыканиях подъездных путей, границе станции, о видах и месторасположениях средств связи, подробные сведения о путевом развитии.

*Раздел 2. Сведения о приеме и отправлении поездов,* которые устанавливают порядок приема и отправления на станцию поездов при запрещающих показаниях сигналов, порядок проверки свободности пути и правильности приготовления маршрутов при нормальных действиях устройств СЦБ и при нарушениях нормального действия этих устройств. В этом разделе регламентированы действия дежурных по станции при проезде внезапно переключившегося на «красный» выходного светофора, при приеме электропоезда и хозяйственного поезда на занятые пути, при наличии поездов, следующих по неправильному пути, и др.

*Раздел 3. Содержит сведения по организации маневровой работы,* о порядке руководства маневровой работой, производства маневров при исправных и неисправных светофорах, о порядке продвижения поездов по маршрутам и др.

*Раздел 4. Техника безопасности.* Регламентирует действия работников при производстве маневровой работы, которые обеспечивают личную безопасность.

К технико-распорядительному акту прикладываются схематический план станций (путевое развитие, план, профиль); местная инструкция о порядке пользования устройствами электрической централизации с таблицей взаимозависимости стрелок, сигналов и маршрутов; схема расстановки составов на ночной отстой; выкопировка их схемы питания и секционирования контактного рельса.

Эксплуатационная работа станции организуется по технологическому процессу (ТПРС), который определяет систему орга-

низационно-технических мероприятий по обеспечению четкой работы станций по перевозкам пассажиров. При составлении технологического процесса предусматриваются:

рациональная затрата времени на технологические операции, параллельность операций по обработке поездов;

четкая регламентация работы обслуживающего персонала, взаимозаменяемость работников;

высокая культура обслуживания пассажиров, максимальная механизация производственных процессов;

рациональное размещение билетных касс, разменных автоматов, информационных щитов, с тем чтобы обеспечить проход пассажиров без встречных и пересекающихся потоков;

организация работы средств связи и информации.

В ТПРС содержатся также производственная и техническая характеристики станции, данные по объему работы и техническому оснащению станции, данные по коммерческой работе, организации обслуживания пассажиропотоков и другие сведения.

Производственная часть работы станции характеризуется: динамикой перевозок по годам, кварталам и месяцам;

неравномерностью по дням недели, часам в течение суток, внутри каждого часа;

распределением пассажиропотоков по вагонам и направлениям.

Техническая часть работы станции характеризуется:

схематическими планами путевого развития, расположением вестибюлей и эскалаторов, корреспонденцией пассажиропотоков во взаимодействии с другими видами транспорта;

техническом паспортом станции и наличии средств связи.

График основных видов работ на станции до начала движения поездов может включать следующие операции:

передача сообщения дежурного по станции ДНЦ об окончании работ на станции;

получение приказа о наличии и порядке выдачи предупреждений и выдачу предупреждений машинистам;

подготовка и выдача расписаний поездов;

подача предупредительных сигналов в тоннель и сигнала времени;

проверка записей в журналах об окончании работ и опробование стрелок и сигналов;

отключение короткозамыкателей УКТП и закрытие торцевых дверей;

подача второго предупредительного сигнала в тоннель;

пропуск локомотивных бригад за поездами, отстаивающимися в тоннелях;

выключение дополнительного освещения на 3 мин;

проверка готовности технических средств, расстановка штата и доклад о готовности станции к приему и отправлению поездов.



Перед началом движения поезда необходимо провести следующие операции:

включить неполное рабочее освещение;

дать команду на открытие станции;

выключить рабочее освещение в тоннеле после прохода первых поездов;

включить полное рабочее освещение станции.

Все эти операции осуществляются дежурным по станции.

## **§ 50. Устройства электроснабжения и электромеханическое хозяйство**

**Устройства электроснабжения.** Четкая работа метрополитенов зависит от бесперебойного и качественного снабжения электроэнергией. Поэтому надежность работы устройств электроснабжения, а также совершенствование их обслуживания являются одной из важнейших задач метрополитенов страны.

За последние годы на метрополитенах выполнены значительные работы по замене масляных трансформаторов на сухие с кремнийорганической изоляцией, масляных высоковольтных выключателей на электромагнитные. Некоторые линии метрополитенов оборудованы электронной защитой тяговых сетей.

Для сокращения обслуживающего персонала устройств электроснабжения и облегчения оперативного управления ими на большинстве линий метрополитенов введены устройства телемеханики на тяговых подстанциях. На Московском и Ташкентском метрополитенах — система ТЭМ-74, на Ленинградском и Киевском — ВРТФ-3, на Харьковском и Минском — «Лисна».

Широкое развитие получили устройства диагностики в хозяйствах электроснабжения служб электроподстанций и сетей Московского, Харьковского и Киевского метрополитенов.

Ведущими направлениями совершенствования энергетического хозяйства являются:

автоматизация и телемеханизация основных операций;

внедрение новых преобразовательных и коммутационных аппаратов с более высокими технико-экономическими показателями; совершенствование средств профилактики и диагностики;

внедрение новых методов и форм технической эксплуатации устройств;

усиление устройств электроснабжения и кабельных сетей.

Для повышения надежности электроснабжения и пожарной безопасности ведется также замена маслонаполненного оборудования на безмасляное. Так внедряются сухие тяговые трансформаторы типа ТСЗП-1600/10 взамен ТМП-3200/10, трансформаторы СЦБ типа ТСЗК-63/10 взамен масляных ТМ-30/10; устанавливаются высоковольтные электромагнитные выключатели типа ВЭМ и вакуумные выключатели.

В большой степени надежность электроснабжения зависит от безотказной работы устройств автоматики и телемеханики. Энергетиками метрополитенов накоплен большой опыт эксплуатации этих устройств. Сегодня на метрополитенах эксплуатируется несколько типов телемеханики, в том числе специально спроектированная для метрополитена система ТЭМ-74. На Ташкентском метрополитене накоплен полезный опыт эксплуатации в одинаковых условиях двух систем телемеханики — «Лисна» и ТЭМ-74, который сегодня позволяет сделать выводы о преимуществах и недостатках обеих систем. На Тбилисском метрополитене впервые применена промышленная система ТМ-310, эксплуатация которой дала положительные результаты.

ВНИИЖТом разработана система телеуправления устройствами электроснабжения метрополитена на интегральных схемах. Сейчас эта система испытывается на Серпуховском радиусе Московского метрополитена.

Широко распространяется передовой опыт энергетических служб. Так, для увеличения ночного «окна» и повышения безопасности работ в тоннелях, рационализаторами Московского метрополитена был предложен новый порядок заземления контактного рельса и допуска людей в тоннель. Этот порядок рекомендован для внедрения на всех метрополитенах. Предложенная система творчески усовершенствуется применительно к условиям работы конкретных участков.

Ленинградцы применили новую схему управления заземлителями: вместо разъединителя с приводом типа ПДМ установили розеточный контакт масляного выключателя ВМГ-133 в комплекте с линейным двигателем типа ЛДЦК-16, что позволило разместить заземлитель в ячейке запасного автомата или резервного фидера. На Киевском метрополитене в качестве привода заземляющих разъединителей контактной сети применили линейный двигатель типа ЛДЦК-16-17.

В целях совершенствования работы по рациональному расходу электрической энергии впервые в Ленинграде была внедрена система ее автоматизированного учета типа ИИСЭ. Сейчас эта система внедрена в Москве, Киеве, Баку и готовится к внедрению на других метрополитенах. На Харьковском и Ленинградском метрополитенах смонтирована уже третья модификация этой системы (ИИСЭ-3).

Новаторами Московского метрополитена разработан метод диагностики силовых полупроводниковых кремниевых вентилях, который позволяет выявить их предпробойное состояние. Этот метод нашел широкое применение и на других метрополитенах.

В целях повышения надежности работы тяговой сети при опробовании нового подвижного состава на Московском метрополитене разработана и внедрена электронная система защиты тяговой сети от токов короткого замыкания. Испытаны и внедрены в эксплуатацию приборы контроля изоляции ПКСИ, позволяющие

оперативно с наименьшими затратами обнаружить поврежденный участок сети. Рационализаторами разработан и смонтирован специальный калибровочный стенд для испытания низковольтных автоматических выключателей.

Специалистами Ленметрополитена в содружестве с учеными ЛИИЖТа разработан и внедрен силовой кремниевый выпрямитель на диодах В-1600 с воздушно-испарительным охлаждением. Число диодов сокращено до 48, что значительно облегчило обслуживание выпрямителя.

По предложениям новаторов разработана и внедрена также новая система организации труда на участке по ремонту, наладке и проверке воздушных автоматических выключателей, которая позволяет обеспечить селективность защиты в низковольтных сетях и сократить эксплуатационные расходы.

На ряде станций внедрена система автоматического программного управления освещением станций и вестибюлей с применением фотореле и реле времени, что снижает расходы электроэнергии.

На Киевском метрополитене проводится большая работа по совершенствованию тяговой сети. Здесь модернизирована схема управления быстродействующими выключателями, усилена ошиновка силовой цепи, производится замена концевых выключателей на более совершенные, разработан и изготовлен прибор для экспресс-контроля параметров вентилях типа ВЛ-200.

На Харьковском метрополитене разработан и внедрен стенд диагностики реле автоматики, универсальные переносные устройства для проверки параметров реле высоковольтных выключателей ВАБ-42 и ВАБ-43.

Освещение на метрополитенах является важной составной частью культуры обслуживания пассажиров, поэтому вопросам освещения также постоянно уделяется большое внимание. На станциях первых очередях строительства проводится реконструкция систем освещения с учетом современных повышенных требований к освещенности станций, вестибюлей, экономичности осветительных установок и удобства их обслуживания. Проведено комплексное обследование всех станций метрополитена, даны рекомендации по совершенствованию осветительных устройств с более широким использованием люминесцентных ламп.

В связи с повышением нагрузок в условиях возрастающей интенсивности движения поездов и увеличения мощности тяговых электродвигателей вагонов на 60% в настоящее время начато внедрение трансформаторов мощностью 1600 кВ·А с терморезистивной изоляцией и мощностью 2500 кВ·А с литой изоляцией.

Непрерывно ведется работа по совершенствованию ведомственного энергонадзора. Созданы комиссии по рациональному потреблению электроэнергии, работают общественные инспектора и инициативные группы контроля. Разрабатываются организационно-технические мероприятия по экономии электроэнергии. Большой

опыт в этой области накоплен на Ленинградском метрополитене, где данная работа проводится систематически; разработаны нормативные документы, регламентирующие эту работу, определены конкретные исполнители, сроки отчетности, меры поощрения.

Совершенствование схем внутреннего энергоснабжения метрополитенов, позволяющее обеспечить их нормальное функционирование при кратковременных отказах в работе питающих подстанций Минэнерго, ведется на Харьковском метрополитене. Здесь разработана и внедрена схема автоматического восстановления питания на шинах 825 В.

В Ташкенте внедрена схема защиты от пробоя вентиляей, что исключило влияние колебаний напряжения на тяговую сеть. В Баку с целью усиления устройств электроснабжения установлены дополнительные вводы на тяговые подстанции. Разработан комплекс аналогичных мероприятий и на Московском метрополитене.

Учебными и научно-исследовательскими институтами ведется ряд работ по совершенствованию системы электроснабжения метрополитенов. ВНИИЖТом разработана система автоматизированного проектирования и расчета системы электроснабжения метрополитенов, учитывающей условия эксплуатации. Московским институтом инженеров транспорта (МИИТ) совместно с Московским метрополитеном проведены теоретические и экспериментальные исследования по реализации энергии рекуперации. ВНИИЖТом ведутся исследования по совершенствованию и усилению устройств энергоснабжения, необходимые для эксплуатации нового подвижного состава — вагонов типа 81-720, 81-721.

**Вентиляция.** Одной из основных задач вентиляции является удаление тепла, выделяемого электропоездами и различными машинами и механизмами. Избыток тепла поглощается окружающей средой и может создавать в тоннелях и на станциях повышенный тепловой эффект. Во избежание этого с помощью вентиляции воздух в течение часа заменяется 3—5 раз. Только в Московском метрополитене вентиляционные установки перерабатывают более 55 млн. м<sup>3</sup> воздуха в час. На перегонах и станциях установлены специальные шахты, через которые осуществляется вентиляция.

На некоторых метрополитенах применяется естественное проветривание за счет поршневого эффекта при движении поездов в тоннеле и разницы температур между наружным и внутренним воздухом. Однако этот способ несмотря на кажущуюся простоту не обеспечивает нужного эффекта.

Наиболее эффективным оказался вариант применения искусственной приточно-вытяжной вентиляции. В этом случае в шахтах устанавливаются мощные вентиляторы, что при большем вентиляционном эффекте требует меньшего числа шахт, чем при естественной вентиляции.

В летний период воздух через станционные шахты забирается с поверхности и удаляется через тоннельные шахты. Это позво-

ляет поддерживать относительно невысокую температуру на станциях. В холодный период, наоборот, воздух подается с поверхности через тоннельные шахты, подогревается за счет тепла, выделяемого электропоездами, оборудованием, трубопроводами, подается на станции более теплым и удаляется через стационарные шахты.

На поверхности земли устанавливают специальные киоски для вентиляции. Их располагают в местах с чистым воздухом, в зеленых зонах. Через киоски воздух забирается по стволу шахты и вентиляторами подается в метрополитен. Как правило, в шахте устанавливают два вентилятора с диаметром рабочего колеса 2—2,5 м и производительностью 250 тыс. м<sup>3</sup>/ч. Вентиляторы могут работать как для подачи, так и откачки воздуха в зависимости от наружной температуры.

В СССР применяются вентиляторы конструкции ЦАГИ (Центральный аэрогидродинамический институт). Управление вентиляцией осуществляется из центрального диспетчерского пункта.

Все служебные помещения метрополитена оборудованы устройствами вентиляции. Только на Московском метрополитене насчитывается более 3100 систем местной вентиляции. Состояние воздушной среды постоянно контролируется с помощью психрометров, которые установлены на станциях и в тоннелях.

Однако данную систему вентиляции постепенно автоматизируют. В местах контроля состояния воздушной среды устанавливают специальные датчики, которые с помощью телеметрической аппаратуры, цифровых приборов и телетайпа передают информацию о температуре и влажности воздуха диспетчеру и на ЭВМ.

Телемеханические устройства позволяют полностью автоматизировать процесс воздухообеспечения метрополитена. Это сокращает трудовые затраты, повышает оперативность и четкость в решении вопросов вентиляции и обеспечивает постоянный тепловой и воздушный режим.

**Водоснабжение.** Подземные сооружения метрополитенов оборудуются объединенной системой водоснабжения, которая обеспечивает хозяйственно-питьевые (обмывка тоннелей, влажная уборка станций, обеспечение водой душевых, умывальников, санузлов), технологические (водяное охлаждение воздуха для вентиляции и пр.) и противопожарные нужды.

Основным источником водоснабжения служит городская водопроводная сеть. На станциях установлены специальные водопроводные вводы, имеющие автоматические устройства учета расхода воды. Водомерный узел оборудован водомером и резервной линией водоснабжения. Последняя имеет нормально закрытую задвижку с электроприводом и электроизолирующими фланцами, входную задвижку с электроприводом и обратным клапаном на вводе, что исключает возвратное поступление воды из труб метрополитена в городскую водопроводную сеть.

Наибольший расход воды приходится на обмывку станций и тоннелей (рис. 28). Стационарным водопроводом оборудованы также каналы и стволы вентиляционных шахт для их промывки.

На большинстве станций смонтированы два ввода от различных разводящих труб городской сети диаметром 100 мм, которые расположены в разных концах станции. Между ними проложены специальные соединительные линии, образующие тем самым кольцевую систему водоснабжения станции и прилегающих перегонов. Такая система повышает надежность работы и обеспечивает бесперебойное снабжение метрополитена водой.

От вводов вдоль тоннелей и станций (под платформой) идут магистральные линии водопровода с ответвлениями к пожарным кранам и другим водоразборным точкам.

Для технологических целей предусматриваются специальные водозаборные скважины. Для обеспечения электроизоляции водопроводную магистраль в тоннеле прокладывают, как правило, на стороне, противоположной контактному рельсу. Через каждые 500 м и у концов станций устанавливают магистральные задвижки, которые выполняют роль ограничивающего механизма для перекрытия воды в необходимых случаях (авариях, ремонтных работах и т. п.).

Вестибюли, станции и переходы метрополитенов оборудуют пожарными и поливочными кранами. Диаметр пожарных кранов — 50 мм, а длина пожарных рукавов — 20 м.

Краны для увлажняющих работ в путевых тоннелях устанавливают через каждые 30 м, а в эскалаторных тоннелях и переходах — через каждые 20 м. Для набора воды моечными машинами и промывочными агрегатами установлены краны диаметром 50 мм через каждые 500 м на перегонах и в конце платформ на станциях.

Дежурный по станции ознакомлен со схемой разводящей водопроводной сети своей станции, с тем чтобы в необходимых случаях лично принимать меры к предотвращению и ликвидации возможной аварии системы водоснабжения путем закрытия задвижки в магистральном трубопроводе. В этом случае дежурный по станции немедленно информирует поездного диспетчера о месте неисправности сети.

Условный диаметр труб линий водопровода принимается для ввода от городского водопровода и для магистралей на станциях и тупиках — 100 мм, для магистралей в тоннелях — 80 мм.

Для водопроводов метрополитенов применяются стальные бесшовные горячекатаные трубы, а для ответвлений — оцинкованные сварные трубы. При соответствующем технико-экономическом обосновании для отдельных участков магистралей, как исключение, предусматриваются трубы из низколегированной стали, обеспечивающие особо надежную работу водопроводных сетей.

**Водоотвод.** В путевые тоннели метрополитенов вследствие несовершенства гидроизоляции обделок или ее неисправности

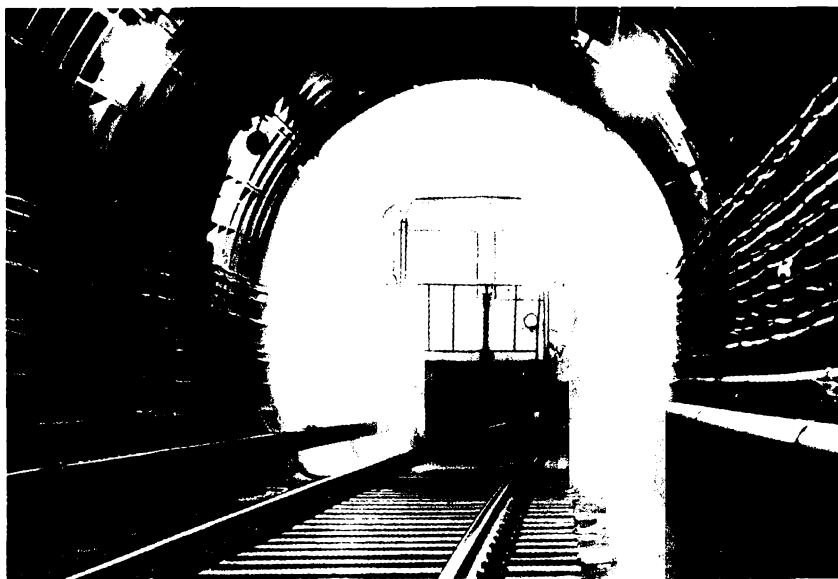


Рис. 28. Тоннельный промывочный агрегат

могут просачиваться грунтовые воды. Иногда образуются местные остатки воды после мытья тоннелей, вестибюлей и переходов.

Для сбора сточных вод и отвода их к специально спроектированным или естественным пониженным точкам трассы в тоннеле по оси пути (а в двухпутных тоннелях по оси междупутья) устраивают специальные лотки.

Эти лотки на станциях и тоннелях имеют продольный уклон не менее 3‰ и поперечный 2—3‰. В зависимости от конструкции пути лотки могут быть перекрыты железобетонными съёмными плитами или выполнены в виде асбоцементных труб с устройством очистительных колодцев через каждые 20—25 м. Для отвода вод, образующихся на станциях, предусмотрена специальная канализация.

При обмывке станционных залов и платформ вода сбрасывается в приемные трапы — дренажи, расположенные через каждые 15—20 м, а затем по чугунным трубам она стекает в дренажные лотки под платформами. По такому же принципу удаляется вода при промывке переходных коридоров, вестибюлей, кассовых залов и других станционных помещений.

Для удаления воды, поступающей в водосборники по водоотводным лоткам и трубам, устраивают стационарные насосные водоотливные установки как транзитные, так и местные.

Основные водоотливные насосные установки располагаются в пониженных местах линий и на станциях мелкого заложения, если установки принимают воду из перегонных тоннелей. Водо-

отливные установки размещаются в специальных камерах и соединяются с тоннелями соединительными линиями. Камеры разделены железобетонным перекрытием на два этажа. На нижнем этаже размещают водосборники емкостью 70 м<sup>3</sup>, на верхнем — устанавливают насосное оборудование. Основная водоотливная установка оборудуется тремя насосами, каждый из которых рассчитан на максимальный объем работы. Водосборники основных и транзитных водоотливных установок на линиях глубокого заложения имеют две камеры, служащие для непрерывной поочередной периодической очистки. Высший уровень воды в водосборнике должен быть не менее чем на 0,1 м ниже сливной трубы, а низший на 0,2 м выше фланца всасывающей сетки насоса. Для надежной работы основные водоотливные установки получают питание от двух независимых источников энергоснабжения. Установки оборудованы сигнализацией аварийного уровня.

Транзитные водоотливные установки устанавливаются между основными установками в тех случаях, когда из-за большого расстояния между ними трубы и лотки не могут пропустить всю собираемую для отвода воду. Транзитные установки служат для перехвата части воды и перекачки ее на поверхность. От основных установок они отличаются меньшей производительностью насосов и меньшими объемами водосборников (40 м<sup>3</sup>).

Местные водоотливные установки располагают в пониженных местах, куда вода поступает самотеком. Из водосборника емкостью 4—7 м<sup>3</sup> они перекачивают воду в лоток тоннеля. В тоннелях мелко-го заложения сброс воды местными водоотливными установками осуществляется в городскую канализацию. Местные установки так же, как и транзитные, имеют два насоса. Все водоотливные установки метрополитенов работают в автоматическом режиме в зависимости от уровня воды в водосборнике, за которым «следит» автоматика.

Устройства энергоснабжения, вентиляции, водоснабжения, канализации, теплоснабжения повсеместно переводятся на автоматическое управление, что значительно повышает их надежность и экономичность и, кроме того, создает возможность внедрения подсистемы АСУ-климат, которая будет автоматически формировать оптимальную воздушную среду в метрополитенах.

## § 51. Путьевые и тоннельные устройства

Протяженность главных путей метрополитенов СССР в настоящее время составляет около 1000 км. Грузонапряженность линий велика, поэтому на них укладывают бесстыковые пути с рельсами типа Р65. Конструкции основания и верхнего строения пути типизированы. В тоннелях применяют безбалластное верхнее строение с деревянными шпалами на бетонном основании. Рельсы прикрепляют к шпалам с помощью отдельных креплений типа



«Метро». На наземных участках уложены железобетонные шпалы на щебеночном основании.

Условия работы предъявляют чрезвычайно высокие требования к качеству содержания и надежности всех элементов пути. В метро создана система ведения путевого хозяйства с учетом этих требований. Она предусматривает текущее содержание и ремонт стальной колеи с использованием средств малой механизации, а также специальных машин и приспособленных для метрополитенов. Кроме того, налажена методика профилактических осмотров и диагностики пути съёмными дефектоскопами, путеизмерителями и дефектоскопными вагонами. Однако особенности метрополитена (стесненные габариты тоннеля, конструкция верхнего строения пути, наличие контактного рельса и, наконец, короткие ночные технологические «окна») не позволяют полностью воспользоваться богатым опытом, накопленным на магистральных дорогах, и применяемой там техникой и технологией содержания и ремонта пути.

Главное управление метрополитенов совместно с учеными и специалистами метрополитенов, проектных организаций и заводов совершенствует конструкцию пути, технологию его текущего содержания и ремонта, создает специализированные машины. В целях упорядочения ремонтов введено в действие Положение о проведении планово-предупредительного ремонта пути. Совместно с ПКТБ ЦП МПС издан первый сборник технологических процессов. Заключена разработка второго сборника.

Поскольку путевые работы в тоннеле выполняются только ночью и связаны с тяжелым физическим трудом, повышение уровня механизации и сокращение трудовых затрат — вопрос не только технический, но и социальный. За последние годы созданы образцы новых путевых машин и механизмов для метрополитенов: машины для замены шпал, утопленных в путевой бетон (рис. 29);

приспособления для замены рельсовых плетей;

машина для ремонта деревянных шпал в тоннеле;

машина ВПРС-500М (рис. 30) для наземных линий;

скоростной вагон-путеизмеритель.

Организация серийного выпуска этих машин и обеспечение ими метрополитенов — одна из главных задач, стоящих перед Главметрополитеном и производственными объединениями Минтяжмаша.

В связи с сооружением линий мелкого заложения вблизи жилых массивов необходимо снижать шум и вибрации. Специалисты Главметрополитена, ВНИИЖТа, Главтоннельметростроя создают новые конструкции пути, характеризующиеся высокими вибропоглощающими свойствами. Перед учеными и проектировщиками была поставлена нелегкая задача — дать метрополитенам конструкцию пути с рельсами Р65, надежным и легко обслуживаемым креплением, повысить степень индустриальности изготов-

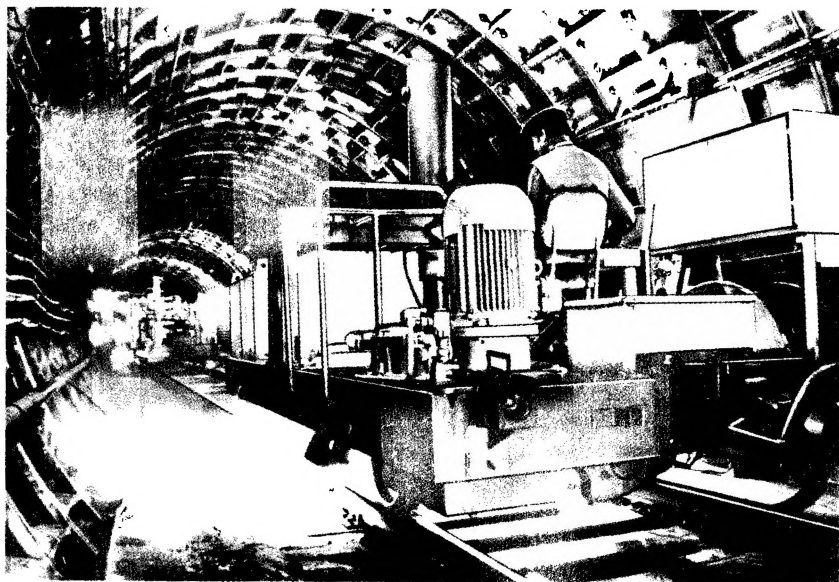


Рис. 29. Шпалоизвлекающая машина

ления и монтажа пути. Итог последних разработок — укладка на введенном в эксплуатацию в 1986 г. Серпуховском радиусе Московского метрополитена участка пути с железобетонными рамами, скреплением нового типа и рельсами Р65.

Сейчас рассматриваются предложения ВНИИЖТ, касающиеся модернизации этой конструкции, упрощения технологии изготовления железобетонных блоков, способов монтажа при строительстве. Одновременно проводятся технические проработки унифицированной конструкции пути с шумопоглощающими свойствами для действующей линии.

Высокая интенсивность движения, возросшие требования к надежности пути, перспектива увеличения скорости вновь создаваемого подвижного состава выдвинули новое требование — создать специальные стрелочные переводы и съезды. За короткий срок конструкторы ПКТЬ ЦП МПС разработали стрелочные переводы типа Р50 марки 1/5 для парковых путей и перекрестный съезд типа Р65 марки 2/9. По предложению Главного управления метрополитенов изменены типовые проекты стрелочных переводов Р50 и Р65 марки 1/9 для колеи 1520 мм, учитывающие условия их эксплуатации в метро. Сейчас уже освоено производство стрелок Р50 марки 1/5 и в ближайшее время предусматривается изготовление опытного образца перекрестного съезда Р65 марки 2/9 (междупутье — 4 м).

На метрополитенах применяются различные типы скреплений раздельного и нераздельного типов преимущественно с шуруп-



Рис. 30. Машина ВПС-500М для выправки, подбивки и рихтовки пути

ным креплением подкладок. Крепление типа «метро» уложено в тоннелях на протяженности примерно 850 км. В нем отсутствуют болтовые и клеммные детали, что упрощает текущее содержание, но требует создания особых машин и механизмов для его содержания.

Новые съезды обеспечивают пропуск 44 пар поездов в час. В тоннелях укладывают одиночные стрелочные переводы марки 1/9 из рельсов Р50 и Р65. Это обусловлено габаритами приближения строений и установленными скоростями движения. Все стрелочные переводы на метрополитенах оборудованы устройствами электрической централизации, а расположенные на наземных линиях дополнительно оснащены пневматическими устройствами для очистки снега.

Система ведения путевого хозяйства определяется:

конструкцией пути (рельсов, креплений, балластного основания и др.);

грузонапряженностью линий;

планом и профилем пути (кривые малого радиуса, затяжные подъемы и спуски);

продолжительностью «окон», выделяемых для ремонтных работ, технологией их проведения и организацией подготовительных работ.

Основа содержания пути на метрополитенах — планово-предупредительный ремонт и непрерывный контроль его состояния, т. е. постоянный анализ причин повреждения рельсов, шпал и

скреплений, снижающих стабильность и прочность пути; геодезический контроль тоннельных устройств и пути в профиле и плане; систематическое диагностирование других устройств пути.

Анализ полученных средствами диагностики данных позволяет определить этапность ремонтных и профилактических работ, их периодичность. Применение ЭВМ для такого анализа открывает в путевом хозяйстве новый этап организации работ. Данная система содержания путевого хозяйства прошла проверку временем и дает хорошие результаты — отказы путевых устройств крайне редки несмотря на высокую интенсивность их использования.

Прокладка линий метрополитена в сложных условиях плотной городской застройки требует поиска новых технических решений по совершенствованию содержания пути и всех его элементов.

С ростом протяженности линий метрополитена растет его грузонапряженность, а следовательно, увеличивается воздействие на путь. Условиями сохранения высокой надежности пути является: применение более тяжелых типов рельсов, надежных и простых по конструкции скреплений, позволяющих воспринимать значительные и длительные продольные и боковые нагрузки, применение термически упрочненных рельсов (особенно на кривых участках), создание принципиально новых высококачественных промышленных конструкций пути с виброзащитными свойствами.

Конструкции новых стрелочных переводов, используемых на метрополитенах страны, повышают срок их службы примерно в два раза по сравнению с уложенными ранее.

На грузонапряженных линиях всех метрополитенов в последнее время укладывают рельсы Р65, упрочненные токами высокой частоты, т. е. термически обработанные. Это потребовало применения новых клеммных скреплений типа КДП-65 и КДП-50.

В последние годы созданы и получили широкое распространение конструкции пути с виброзащитными свойствами. Учитывая, что тоннель и путь в метро (как конструкции) работают в тесном взаимодействии, виброзащиту тоннеля, подвижного состава и расположенных вблизи трассы зданий и сооружений следует решать комплексно. Уложенный на Московском и Новосибирском метрополитенах виброзащитный путь показал хорошие результаты. Уровень вибрации на этих участках снижен в среднем в 2—2,5 раза. Эти конструкции рекомендованы к повсеместному внедрению. На Московском метрополитене проходит испытания лежневой путь на резиновых амортизаторах и путь на коротких железобетонных блоках с новым типом скреплений.

Внедрение новых конструкций пути должно значительно увеличить надежность и срок службы практически всех элементов верхнего строения пути, снизить трудозатраты на его эксплуатацию, упростить текущее содержание и ремонт и, следовательно, повысить безопасность движения поездов. Планируется, взяв за основу наиболее эффективные технические решения в этой области,

создать поточное промышленное производство блоков верхнего и нижнего строения пути для метрополитенов.

Однако даже самая совершенная и надежная конструкция нуждается в периодическом контроле и постоянном уходе. На Московском метрополитене разработана конструкция нового скоростного вагона-путеизмерителя, который может быть сцеплен с любым типом подвижного состава и двигаться с той же скоростью, с которой следуют пассажирские поезда. Это значительно облегчает путеизмерительные работы. Создается принципиально новый вагон-дефектоскоп.

Серьезного внимания заслуживает проблема увеличения сроков содержания и своевременного ремонта деревянных шпал. Продление срока службы шпал сокращает расходы на их замену, в частности, отпадает необходимость в транспортировке шпал в тоннель, фрезеровании путевого бетона и в других работах. В настоящее время созданы механизмы и клеевые компоненты, благодаря которым производятся работы по обновлению древесины шпал и закреплению шпалы в постели. Для этого разработаны нетоксичные резино-битумные мастики. Крупномасштабный эксперимент по склеиванию и ремонту шпал на основе этих мастик показал хорошие результаты.

Сейчас уровень механизации путевых работ на метрополитенах составляет около 60%. В массовом порядке и повсеместно для работ с рельсами применяются устройства малой механизации, выпускаемые серийно нашей промышленностью.

Полностью механизирована доставка всех материалов и их разгрузка в тоннелях, а для транспортировки рельсовых плетей все метрополитены используют специальный транспорт на базе рельсовых.

Работы по замене стрелочных переводов ведутся с применением кранов на железнодорожном ходу и специально созданного телескопического крана КТСТ-3. Замена рельсовых плетей — самая трудоемкая и сложная работа, но и она будет скоро полностью механизирована. Разработаны механизмы, позволяющие до минимума сократить ручной труд при замене рельсов.

Габариты тоннелей, находящегося там оборудования, верхнего строения пути и других устройств контролируются на метрополитенах специальными габаритными рамами. В настоящее время создан и испытан электронный измеритель габаритов, установленный на специальном вагоне. При движении вагона со скоростью 50 км/ч происходит автоматическая регистрация контура тоннеля и сравнение с эталоном.

Все метрополитены страны располагают средствами очистки путей и стрелочных переводов от снега, однако эта работа проходит чрезвычайно напряженно во время сильных снегопадов и метелей. Работая над проблемами полной механизации снегоуборочных работ, предприятия Министерства тяжелого и транспортного машиностроения изготовили высокопроизводительные образцы сне-

гоуборочных машин для метрополитенов. Они предназначены для комплексной уборки снега как с пути, так и вблизи контактного рельса, оснащены современной системой управления, транспортируются своим ходом со скоростью до 70 км/ч.

Механизация и автоматизация путевых работ и технологических процессов, последовательное повышение надежности пути и тоннельных сооружений — коренная задача, решаемая метрополитеновцами.

Комплексное совершенствование конструкции пути, создание и внедрение прогрессивной технологии, нового поколения машин и механизмов, переход на машинный способ ведения путевых работ позволят обеспечить высокое качество содержания пути метрополитена и его эксплуатационную надежность.

## **§ 52. Социалистическое соревнование и распространение передового опыта**

Социалистическое соревнование в нашей стране стало подлинно всенародным движением. На всех этапах социально-экономического развития общества партия конкретизирует задачи, стоящие перед соревнованием, намечает пути наиболее эффективного его воздействия на решение актуальных задач хозяйственного строительства и воспитание масс.

Работники железнодорожного транспорта и метрополитенов — один из передовых отрядов рабочего класса страны — всегда показывали примеры высокопроизводительного труда, творческого отношения к делу. С особым подъемом трудились они в годы первых пятилеток, когда в стране развернулось стахановско-кривоносовское движение, 50-летие которого недавно отметила вся страна. Это движение сыграло огромную роль в подъеме народного хозяйства, развитии и совершенствовании работы транспорта.

Ныне на метрополитенах есть немало трудовых коллективов, поддерживающих славные традиции. В каждой отрасли, каждом транспортном хозяйстве есть свои маяки, правофланговые, передовые коллективы, добивающиеся наивысших результатов. Гордится транспорт и своими замечательными умельцами, новаторами, людьми пылливой, творческой мысли.

Выдающихся трудовых успехов добился дважды Герой Социалистического Труда машинист В. Ф. Соколов. Одним из первых на Московской дороге он стал водить грузовые поезда весом 6 и 10 тыс. т. Всенародную известность получила инициатива знатного машиниста — взять вверенную технику на социалистическую сохранность. Эти починны подхвачены повсеместно. В соревновании за сохранность и высокопроизводительное использование технических средств участвуют большинство работников метрополитенов.

Действенное средство решения ответственных задач, поставленных перед транспортом — активное участие во Всесоюзном

социалистическом соревновании. Основным его содержанием стало полное и своевременное удовлетворение потребностей населения в перевозках, четкое взаимодействие и координация с другими видами транспорта, борьба за полную безопасность движения поездов, дальнейшее повышение культуры обслуживания пассажиров.

В настоящее время среди участников Всесоюзного социалистического соревнования производственные коллективы практически всех хозяйств и подразделений отрасли. Трудовым соперничеством охвачены метрополитены, станции, моторвагонное депо, дистанции пути, связи и СЦБ и др. Круг участников соревнования постоянно расширяется.

Коллективы предприятий и организаций транспорта, добившиеся лучших результатов, по итогам года награждаются переходящими Красными знаменами ЦК КПСС, Совета Министров СССР, ВЦСПС и ЦК ВЛКСМ, дипломами и денежными премиями. А те, кто достиг высоких и устойчивых показателей в выполнении встречных планов и социалистических обязательств, заносятся на Всесоюзную Доску почета на ВДНХ СССР.

Широкое распространение нашло соревнование коллективов бригад и участков, работников массовых профессий за выполнение и перевыполнение плановых заданий и социалистических обязательств, ускорение темпов роста производительности труда, экономию сырья, материалов, топлива, электроэнергии, повышение качества продукции. Победителей награждают Почетными вымпелами МПС и ЦК отраслевого профсоюза, им вручают денежные премии и памятные подарки. Опыт лучших демонстрируется на ВДНХ СССР, обобщается и распространяется. Победителей соревнования, добившихся наивысших результатов, проявивших творчество и самоотверженность в труде, выдвигают на соискание Государственной премии СССР, премии советских профсоюзов имени П. Ф. Кривоноса, представляют к государственным наградам СССР.

Успехи в работе транспорта сегодня в немалой степени зависят от целеустремленности, энтузиазма и умения молодых работников. В их руках завтрашний день стальных магистралей. Не случайно на транспорте развернуто и набирает силу социалистическое соревнование комсомольско-молодежных коллективов, студенческих строительных отрядов.

Среди них передовые диспетчерские смены, четко организующие перевозочный процесс, колонны локомотивных бригад, славящиеся мастерством вождения поездов, бригады слесарей, гарантирующие высокую надежность техники.

Трудовое соперничество молодых метрополитеновцев направлено на изыскание и приведение в действие внутривозвратных резервов, наращивание темпов перевозок, экономию трудовых, материальных и денежных ресурсов, наилучшее использование технических средств. Молодые производственники добиваются вы-

соких результатов в соревновании, вносят достойный вклад в общее дело славной трудовой семьи метрополитеновцев.

Но по-прежнему в первых рядах соревнующихся люди опытные, высококвалифицированные, работающие на предприятиях метрополитенов десятки лет.

Воодушевленные решениями XXVII съезда КПСС и последующих Пленумов ЦК КПСС труженики подземных магистралей широко развернули социалистическое соревнование по досрочному выполнению заданий двенадцатой пятилетки.

Высокой трудовой активностью во всех коллективах метрополитенов страны отличалось соревнование, которое проходило под девизом «40-летию Победы советского народа в Великой Отечественной войне — 40 ударных трудовых недель». Коллектив электродепо Северное Московского метрополитена по предложению рабочих зачислил в одну из бригад бывшего работника электродепо Героя Советского Союза т. Евстафьева Н. А., зарплата которого полностью перечислялась в фонд строительства мемориала Победы в г. Москве.

Достижению хороших результатов в выполнении и перевыполнении плановых заданий предприятия по всем технико-экономическим показателям способствовала новаторская инициатива передового мастера радиощеха т. Джиловяна Д. Ц. и колонны поездных бригад машиниста т. Савенкова Н. М. из электродепо Северное, а также трудовых коллективов станции Кропоткинская, третьего энергоучастка Московского метрополитена, которые развернули соревнование в честь 50-летия Московского метрополитена. Эта инициатива получила быстрое распространение во многих коллективах. К юбилею метрополитена многие передовики выполнили плановые задания года, а 13 человек — задания пятилетки в целом.

Поддержали метрополитеновцы инициативу работников локомотивного депо Славянск Донецкой дороги и встали на ударную вахту к пятидесятилетию стахановско-кривоносовского движения.

Многие коллективы, передовики и новаторы метрополитенов поддерживают высокий накал соревнования. Благодаря этому метрополитены страны на 23 дня раньше выполнили пятилетний план по перевозке пассажиров в прошлой пятилетке и хорошо выполняют задания первых лет текущей пятилетки. Пятилетнее задание по объему перевозок особенно хорошо выполняют Ташкентский, Киевский, Ереванский и Харьковский метрополитены.

Сверх заданий пятилетнего плана одиннадцатой пятилетки перевезено более 600 млн. пассажиров. За пятилетие производительность труда выросла на 12,6% при одновременном росте заработной платы почти на 10%. Пятилетний план капитального строительства выполнен с опережением более чем на полгода.

Министерство путей сообщения всегда уделяло большое внимание работе по распространению и внедрению начинаний передовых коллективов и передовиков производства, проводя целена-



правленную и планомерную работу по распространению и внедрению новаторских приемов труда. Следует отметить, что на метрополитенах широко внедряются передовые методы работы передовых коллективов страны, железнодорожного транспорта и опыт работы передовых коллективов метрополитенов. Это, как правило, коллективное творчество, которое нашло отражение и в планах внедрения, и в коллективных договорах предприятия и профсоюзного комитета.

По инициативе рабочих, обслуживающих кольцевую линию Московского метрополитена, возникло предложение организовать соревнование по движению поездов строго на графику, не допуская никаких отклонений от расписания.

Это предложение нашло горячий отклик во всех метрополитенах. Абсолютное большинство метрополитенов длительное время устойчиво обеспечивает продвижение поездов только по графику, это прежде всего коллективы электродепо Калужское, Северное, Красная Пресня Московского метрополитена, хозяйства пути, сигнализации и связи Харьковского, Ташкентского, Киевского, Тбилисского метрополитенов и ряда других хозяйств.

Поддерживая инициативу москвичей, диспетчерские смены Харьковского метрополитена предложили развернуть такое соревнование в каждой смене под девизом «Каждой единой диспетчерской смене — 100%-ный график движения поездов». Коллектив диспетчеров определил меры и задачи, которые при этом должны быть решены прежде всего:

тесное взаимодействие диспетчеров и работников, обслуживающих технические средства, в частности, обеспечение надежной работы подвижного состава, пути, устройств СЦБ и связи, эскалаторов и др.;

тщательное изучение каждым работником условий, влияющих на работу технических средств, устройств и прежде всего подвижного состава, принятие мер по ликвидации имеющихся недостатков;

постоянное укрепление технологической дисциплины, создание в коллективах атмосферы нетерпимости к фактам недобросовестного отношения к выполнению служебных обязанностей;

постоянный товарищеский общественный контроль за соблюдением правил технической эксплуатации;

забота о рабочей чести и взятие на себя личной ответственности за безопасность и четкое соблюдение графика движения поездов.

Распространение этих предложений на все метрополитены страны ведет к совершенствованию перевозочного процесса, повышению культуры обслуживания пассажиров и производительности труда.

Широко распространение получил опыт работы станции Щелковская Московского метрополитена по освоению работниками смежных профессий и налаживанию взаимозаменяемости. Внедрение этого опыта на ряде метрополитенов позволило получить за-

метный экономический эффект. Улучшились условия труда, так как дежурные по приему и отправлению поездов освободились от работы в ночное время, полностью ликвидированы сверхурочные часы, улучшена организация всей производственной деятельности станций, установлен регламентированный перерыв на обед. Все это положительно сказалось на улучшении обслуживания пассажиров, повышении дисциплины, закреплении кадров.

Значительный резерв в деле ускорения научно-технического прогресса на метрополитене дает инициатива инженерно-технических работников и передовых рабочих Харьковского метрополитена, организовавших соревнование под лозунгом «Производственному и научному потенциалу — наивысшую отдачу». На метрополитене организован смотр достижений труда с целью мобилизации научно-технической общественности, рационализаторов и новаторов производства на улучшение всей производственной деятельности, внедрение новейших достижений науки и техники. В этом смотре активно участвуют более двух тысяч харьковчан. Это начинание поддержано всеми метрополитенами.

На метрополитенах насчитывается более четырех тысяч рационализаторов и изобретателей. Годовая экономическая эффективность от их деятельности более 2 млн. рублей. Среди новаторов и передовиков производства такие замечательные люди, как Р. А. Голанова — электромеханик тяговопонижительной подстанции Московского метрополитена, награжденная Государственной премией СССР за выдающиеся достижения в труде и за большой личный вклад в высокоэффективное использование железнодорожного транспорта, машинист электродепо Московское Ленинградского метрополитена т. И. П. Мосин, который взял на социалистическую сохранность и привел в отличное состояние закрепленный за ним подвижной состав, старший электромеханик цеха пассажирской автоматики Ташкентского метрополитена т. Г. А. Звездин, который обеспечил отличное качество ремонта аппаратуры пассажирской автоматики, и многие другие.

В последние годы широко внедряется комплексная система управления качеством продукции. На Киевском, Тбилиском, Ташкентском и Бакинском метрополитенах разработаны новые улучшенные стандарты, созданы координационно-рабочие группы по внедрению технологий, обеспечивающих повышенное качество работ, отработана система контроля за качеством.

Одним из главных направлений в работе метрополитена является совершенствование и повышение надежности подвижного состава, внедрение новейшей технологии и улучшение качества ремонта, обеспечение безотказной работы вагонов. Проведены значительные организационные и технические мероприятия по оптимизации пробегов подвижного состава между ремонтными циклами.

По предложениям новаторов система планово-предупредительного ремонта и текущего содержания вагонов дополнена требованиями, значительно повышающими эксплуатационную надеж-

ность и улучшающими техническое состояние моторвагонного подвижного состава и организацию ремонта.

Вагоны оборудуются быстродействующей защитой силовых и вспомогательных цепей, цельнокатанными колесами вместо подрезиненных, показавших недостаточную надежность. Устанавливается более надежная поводковая связь кузова с рамой тележки, вагоны оборудуются переговорным устройством «пассажир-машинист», широко применяются трудногорюемый пластик для отделки вагонов и многие другие новшества.

Используя опыт инженеров и передовиков производства, заводами-изготовителями вагонов осуществлены новые дополнительные мероприятия по повышению технического уровня конструкций вагонов метрополитена, значительно повысившие их эксплуатационную надежность.

Многие трудовые коллективы метрополитена устойчиво выполняют плановые задания, обеспечивают четкую работу всех подразделений. Постоянный творческий поиск обеспечивает непрерывное поступательное улучшение всей перевозочной работы, способствует сокращению интервалов движения, хорошему обслуживанию пассажиров даже при тех условиях, когда объемы перевозок значительно превысили проектные.

Это результат совершенствования содержания технических средств, повышения квалификации работающих, модернизации целых линий и направлений. Широко внедрены системы автоматизации управления движением поездов с использованием ЭВМ, увеличены скорости движения лестниц эскалаторов, автоматизирован контроль микроклимата, усилены пути, тоннельные сооружения, автоматика и др.

Основные направления повышения эксплуатационной надежности эскалаторов и улучшение их технического состояния определены приказом министра путей сообщения, которым предусматривается широкая программа работ на период до 2000 г.

За последнее время проведены значительные работы по совершенствованию конструкции и повышению эксплуатационной надежности эскалаторов на Московском, Ленинградском, Тбилисском, Киевском, Ташкентском, Ереванском и других метрополитенах. Осуществлен комплекс организационно-технических мер по диспетчеризации управления эскалаторами с применением телемеханических устройств. Сейчас большинство эскалаторов работает в режиме телеуправления. Все эскалаторы Харьковского метрополитена оборудованы средствами телемеханики, закончены работы по внедрению систем телеуправления эскалаторами на Московско-Петроградской линии Ленинградского метрополитена, Калининской линии Московского метрополитена и других линиях. Организовано производство запасных частей на заводах для метрополитенов.

Учитывая значительный рост пассажиропотоков на станциях, по предложениям рационализаторов скорость движения лестнич-

ного полотна эскалаторов повышена и сейчас составляет до 0,94 м/с. Для этого потребовалось провести работы по усилению ряда элементов конструкций эскалаторов типа ЭТ, изготовить штамповочно-сварные ступени, внедрить эскалатор с переменной скоростью движения лестничного полотна.

В эскалаторном хозяйстве широко применяется телеуправление на базе системы телемеханики Лисна-4. Это позволило на Московском, Киевском, Харьковском, Ленинградском и Ташкентском метрополитенах управлять эскалаторами с единых диспетчерских пунктов.

Получил положительную оценку комплекс устройств эскалаторной автоматики, который состоит из автомата, осуществляющего пуск эскалатора только при подходе и наличии пассажира на лестничном полотне и экстренно останавливающего эскалатор при падении пассажира на лестничном полотне. Комплекс имеет устройство контроля тормозных характеристик эскалатора.

По предложениям новаторов создан комплекс устройств, позволяющих механизировать тяжелые грузоподъемные и транспортировочные операции при демонтаже и монтаже эскалаторов при их капитальном ремонте. Разработана конструкция такелажно-транспортной машины ТТМ-10, позволяющей полностью механизировать операции по транспортировке главных приводных валов, узлов и деталей эскалаторов.

Для решения поставленных задач в части улучшения работы эскалаторов на метрополитенах широкое распространение получил бригадный метод их обслуживания, который возник в результате осуществления комплекса инженерно-технических мероприятий и перестройки технологии работ по техническому обслуживанию и управлению эскалаторами.

Высокая эффективность работы советских метрополитенов достигается прежде всего за счет внедрения систем комплексной автоматизации перевозочного процесса с применением современных средств автоматики, телемеханики и вычислительной техники.

Как уже было сказано выше, линии метро оборудуются комплексной системой автоматического управления движением поездов (КСАУПМ), обеспечивающей достаточную пропускную способность, абсолютную безопасность движения, четкость движения поездов по графику и оперативность диспетчерского командования.

Внедрение этой системы позволило сократить состав локомотивных бригад до одного человека и высвободить на метрополитенах СССР более 2500 помощников машинистов. Это дало возможность повысить производительность труда и уровень заработной платы машинистов.

Актуальными остаются проблемы контроля и диагностики устройств автоматики, телемеханики и связи, прежде всего проблемы их обслуживания и содержания. Решению этих задач будет способствовать внедрение передовых методов и приемов обслужи-

вания устройств автоматики, телемеханики и связи на метрополитенах.

Ленинградский метрополитен стал инициатором внедрения комплексной замены аппаратуры СЦБ с использованием контейнеров и автодрезин, бригадного метода обслуживания устройств СЦБ, автоведения поездов.

Московский метрополитен стал инициатором обеспечения высококачественного ремонта аппаратуры с приемкой ее после ремонта с первого предъявления.

Эти передовые приемы труда получили распространение на Харьковском, Бакинском, Ереванском, Минском, Киевском и других метрополитенах.

Стало нормой, когда устройства СЦБ берутся на гарантийное обслуживание работником или целой бригадой. В сочетании с бригадным методом это дает значительный производственный эффект. Внедрение этих новаторских приемов значительно повысило производительность и улучшило условия труда, обеспечило большую надежность технических средств и безопасность движения поездов.

Однако актуальными остаются вопросы создания и внедрения средств, способных механизировать тяжелый, монотонный ручной труд по уборке станций и тоннелей и по кассовому обслуживанию пассажиров. Утверждена программа механизации уборочных работ на метрополитенах, которой предусматривается также создание комплекса уборочных машин и механизмов.

Широкое применение почти на всех метрополитенах получил бескассовый метод обслуживания пассажиров, позволивший сократить штат кассиров и снизить себестоимость перевозки пассажиров.

Метрополитен является энергоемким предприятием и с ростом линий метрополитена возрастают расходы электроэнергии. Согласно прогнозам к 1990 г. годовая потребность метрополитенов в электроэнергии составит 2600 млн. кВт·ч. Поэтому вопросы рационального расходования топливно-энергетических ресурсов приобретают большое государственное значение.

В связи с этим в плане внедрения передовых методов труда особое место занимает опыт работы 3-го энергоучастка электроподстанций и сетей Московского метрополитена по текущему ремонту и обслуживанию кабельных сетей и оборудования электроподстанций. Выполнение текущего ремонта оборудования и профилактических испытаний как электроподстанций, так и кабельных сетей здесь ведется укрупненными ремонтными бригадами. Для этого были организованы комплексные ремонтные бригады по проведению текущего ремонта электрооборудования и проверке надежной работы схемы управления сигнализацией и автоматикой. За бригадой были закреплены определенные виды осмотра и межремонтного обслуживания оборудования. Годовой экономи-

ческий эффект от внедрения этого метода более 30 тыс. рублей на одну бригаду.

Широко изучался в коллективах и передовой опыт ленинградцев — по совершенствованию технического обслуживания электрооборудования на основе использования систем телемеханики, автоматике и бригадных методов организации труда; тбилисцев — по повышению надежности, качества обслуживания, ремонта и эксплуатации устройств электроснабжения; минчан — по улучшению постановки проектно-сметного дела на метрополитенах и в дирекциях строящихся метрополитенов.

Главным управлением метрополитенов установлен перечень основных передовых методов труда, которые рекомендованы для внедрения.

Пропаганде опыта работы передовиков и новаторов производства служат публикации отраслевых журналов и института информации ЦНИИТЭИ МПС о достижениях метрополитенов. Работе метрополитенов СССР посвящена достаточно объемная международная информация.

В 1983 г. в Финляндии и Польше, в 1984 г. в Индии проводились международные выставки «Железнодорожный транспорт и метрополитены в СССР», где были представлены 25—30 экспонатов, достаточный рекламный и информационный материал по метрополитенам (с фотоальбомами). Выставки пользовались большой популярностью. Широко экспонировались передовые методы труда на метрополитенах на международных выставках в Москве и в Канаде в 1986 г.

За последнее время значительно улучшилась работа по обмену информацией о передовых методах труда между отечественными и зарубежными метрополитенами.

Отраслевой программой внедрения новой техники и современной технологии на 1986—1999 г. предусмотрена разработка и внедрение на метрополитенах страны высокоэффективных технологических процессов и технических средств сметной стоимостью более 4,5 млн. руб. При этом ожидаемый экономический эффект составляет более 6 млн. руб., будет достигнута экономия 6 млн. кВт·ч электроэнергии, высвободится 1120 человек.

### **§ 53. Внедрение бригадного подряда и опыта Белорусской дороги**

Важнейшей задачей работников метрополитена является повышение производительности труда и снижение себестоимости перевозок. Эти два показателя отражают улучшение технологии производственного процесса, внедрение крупноагрегатного метода ремонта вагонов, сокращение ручного труда, вопросы укрепления дисциплины и др.

В МПС разработан и осуществляется комплекс мер по повышению производительности труда, создана постоянно действующая

инициативная группа, которая рассматривает и контролирует ход реализации мероприятий, предложения метрополитенов по повышению этого важнейшего показателя. Большие резервы заложены в реализации мер по сокращению численности эксплуатационного персонала, приходящегося на километр длины линий. Снижение численности может быть осуществлено за счет научной организации труда, внедрения новой техники и передовой технологии, совмещения профессий. Однако при этом не должны снижаться условия комфортности перевозок и надежности технических средств.

В решениях XXVII съезда КПСС большое внимание уделено необходимости широкого внедрения бригадных форм организации труда. ЦК КПСС, Совет Министров СССР и ВЦСПС постановлением «О дальнейшем развитии и повышении эффективности бригадной формы организации и стимулирования труда в промышленности» поставили задачи осуществить на предприятиях широко систему мероприятий по перестройке планирования и учета, совершенствованию форм организации производства, улучшению технического руководства и материального снабжения бригад, по внедрению хозрасчета с оплатой по единому наряду за конечный результат работы и распределению всех заработанных средств с применением коэффициента трудового участия.

Это позволит более полно решать вопросы повышения производительности труда в бригадах прежде всего за счет повышения ответственности каждого члена бригады за результат труда, укрепления дисциплины, повышения квалификации, расширения зон обслуживания и совмещения профессий, заинтересованности каждого в результатах работы.

Широкое распространение бригадных форм организации труда на таких крупнейших предприятиях, как метрополитен, требует четкого расчета и продуманности решений, так как при всем прочем оно должно обеспечить безопасность движения, высокую надежность работы технических средств, четкое соблюдение графика движения и надлежащую культуру обслуживания пассажиров.

Широкое внедрение бригадных форм на многих метрополитенах дало положительный результат: улучшились показатели работы, сократилось число отказов и брака в работе, повысилась дисциплина.

На Московском метрополитене бригадная форма организации труда особенно широко внедряется в электродепо Калужское, Сокол, а также в службах пути, ремонтно-монтажной и на опытно-электрохимическом заводе. Здесь внедрена система организации и оплаты труда локомотивных бригад за конечный результат — четкое выполнение графика движения. В зависимости от выполнения графика распределяется премия с учетом коэффициента трудового участия.

Очень важным при бригадной форме является повышение квалификации членов и руководителей бригад, которое целесообразно организовать в технических школах.

Необходимо также пересмотреть систему планирования в цехах с учетом материальных и трудовых затрат на ту или иную операцию.

Внедрение бригадного подряда требует пересмотра всей системы премирования. Бригаде должны быть установлены единые показатели премирования, которые зависят от конечного результата трудовой деятельности и нацеливают коллектив на конечные качественные результаты.

Распределение премии должно учитывать личный вклад каждого в результате труда с учетом коэффициента трудового участия. Здесь очень важно разработать такие показатели эффективности труда каждого, которые бы характеризовали сочетание коллективного и личного вклада в перевыполнение производственных показателей и позволили правильно оценить этот вклад.

Немаловажное значение имеет и механизация расчета заработной платы для тех бригад, где применяется коэффициент трудового участия.

Широкое внедрение бригадных форм организации труда обеспечивает значительное повышение производительности труда, снижение непроизводительных простоев, более высокую интенсификацию труда.

Главным критерием эффективности бригадного подряда является снижение трудовых затрат на выполняемую работу, а следовательно, уменьшение численности работающих в бригаде. При этом очень важно широко использовать предложения членов бригады по снижению трудоемкости затрат, широко использовать внедрение новейших приемов работы и рационализаторских предложений, постоянно повышать творческую активность инженерно-технических работников по повышению эффективности работы.

С бригадной формой организации труда неразрывно связано дальнейшее развитие демократических начал в управлении производством. И немалую роль здесь играют советы бригад и советы бригадиров. Кроме непосредственно производственных задач, они решают вопросы подбора и расстановки кадров, присвоения разрядов, определяют размеры премий и приработка. Вместе с профсоюзным активом они подводят итоги социалистического соревнования, пропагандируют опыт передовиков и новаторов производства, занимаются воспитанием членов коллектива. Поэтому особое внимание следует обращать на подбор и подготовку бригадиров, повышение их профессионального мастерства, экономических знаний. И конечно, следует повысить ответственность руководителей и инженерно-технических работников за создание условий для высокопроизводительного труда рабочих.

Ведущей и организующей силой бригад призваны стать коммунисты, профсоюзный актив. Партийные и профсоюзные органи-



зации свое главное внимание сосредоточивают на повышении уровня организаторской и идейно-воспитательной работы в низовых коллективах. Они призваны направлять все усилия на формирование здорового морально-психологического климата, развитие трудовой и общественной активности, ответственности за выполнение планов и обязательств.

Сейчас бригадная форма организации труда занимает ведущее место в жизни предприятий. Получили широкое развитие бригады нового типа — сквозные и комплексные, которые работают на единый наряд с оплатой по конечному результату работы. В этих бригадах значительно растет производительность труда, сокращаются непроизводительные потери рабочего времени, снижаются трудовые затраты, более производительно расходуются ресурсы, появляются большие возможности по повышению дисциплины труда, коллективизма, взаимной требовательности и творчества.

На Киевском и Московском метрополитенах бригадная форма организации труда в эскалаторном, путевом и электромеханическом хозяйствах уже получила широкое распространение. Однако на Тбилисском и Ереванском метрополитенах опыт лучших бригад пока еще не нашел широкого применения. Здесь медленно внедряется бригадный подряд, эффективность организации работы бригад нового типа недостаточна. На Московском метрополитене хорошо зарекомендовали себя бригады В. Е. Судакова (служба электростанций и сетей), Н. М. Ефимова (завод по ремонту электроподвижного состава), на Ленинградском — бригады А. Г. Протасова, М. С. Василенко, Г. К. Рябokonенко и др. Эти коллективы достигли наивысшей производительности труда.

Значительный экономический эффект дают широкое применение технически обоснованных норм трудовых затрат, ликвидация непроизводительных потерь, что имеет место на Ленинградском, Киевском и Харьковском метрополитенах.

На Московском, Тбилисском, Ереванском и Ташкентском метрополитенах велика еще доля ручного труда. Контингент работников, занятых ручным или маломеханизированным трудом, составляет здесь около 50% общей численности рабочих. При более целенаправленной работе по комплексному решению вопросов повышения производительности труда социалистические обязательства могут быть значительно перевыполнены.

Сокращение расходов на эксплуатацию — одна из главных задач повышения рентабельности наших метрополитенов, которые вследствие низкой оплаты проезда являются планово-убыточными предприятиями. На их содержание Госплан ежегодно выделяет более 50 млн. рублей.

На Белорусской дороге в 1986 г. завершен экономический эксперимент по повышению эффективности работы и значительному ускорению темпов роста производительности труда. В основу эксперимента были положены мероприятия, стимулирующие

научно-технический прогресс, обеспечение плановых заданий при меньшей численности работников, высокопроизводительный труд. Реализация этой программы позволила высвободить более 12 тыс. человек, что дало экономию фонда заработной платы, необходимую для введения новых тарифных ставок и окладов. Следует подчеркнуть, что фонд заработной платы, установленный Белорусской дороге, пока сохраняется, а в последующем он будет изменяться только в зависимости от объема перевозок и при вводе в действие дополнительных объектов.

Новые условия оплаты труда вводились поэтапно. На первом этапе (с июля 1985 г.) на оплату труда по новым тарифным ставкам переводились рабочие, занятые на маневрах, ремонте, обслуживании и содержании подвижного состава, пути, СЦБ и связи, контактной сети и на погрузочно-разгрузочных работах. Соответственно изменялись оклады инженерно-технических работников и служащих, работающих в условиях бригадной формы организации и стимулирования труда. На втором этапе — с октября 1985 г. — экспериментом охватывались остальные рабочие, младший обслуживающий персонал и служащие, непосредственно занятые в перевозочном процессе и обслуживании пассажиров. На третьем этапе с декабря 1985 г. на новые условия оплаты труда переведены руководящие работники, остальные категории инженеров, техников и служащих. Таков был план эксперимента и он успешно реализован.

На всех предприятиях Белорусской дороги в трудовых коллективах проведена широкая разъяснительная работа о значении экономического эксперимента. Рабочие и служащие принимали активное участие в разработке и осуществлении мероприятий по изысканию резервов роста производительности труда. Осуществлена программа наиболее рационального трудоустройства высвобождаемых работников. Реализация намеченного позволила повысить производительность труда на дороге за два года на 27%. Эти примерно в 5 раз выше темпов ее роста в целом по сети дорог. А к концу двенадцатой пятилетки производительность труда здесь должна возрасти еще больше.

Распространение белорусского метода на метрополитены позволит решить ряд важных народнохозяйственных задач. Помимо резкого увеличения темпов роста производительности труда, существенно улучшится благосостояние работающих, что в свою очередь приведет к снижению текучести кадров и повышению трудовой дисциплины, поднимет престижность профессий, стабилизирует трудовые коллективы. Кроме того, появится возможность высвободить часть трудовых ресурсов и направить их в другие отрасли народного хозяйства.

## ТЕХНИЧЕСКИЙ ПРОГРЕСС НА МЕТРОПОЛИТЕНАХ

### § 54. Новая техника и автоматизация управления движением поездов

**Общие сведения.** Экономической стратегией партии являются кардинальное ускорение научно-технического прогресса, осуществление технической реконструкции народного хозяйства. Первостепенное значение при этом придается быстрому обновлению производственного аппарата путем широкого внедрения передовой техники, наиболее прогрессивных технологических процессов.

Это направление в политике партии целиком и полностью относится к метрополитенам. Перевозочный процесс на метрополитене сложен. В нем органически связаны в единый комплекс путь и искусственные сооружения, подвижной состав и эскалаторы, устройства электроснабжения, автоматики и связи, инженерно-технические установки различного назначения. Об этом красноречиво свидетельствуют следующие цифры. Каждый день в метрополитенах страны приводится в действие более 100 км эскалаторного полотна, около 5,5 тыс. вагонов, из которых формируется множество составов. Интервал между поездами в часы пик достигает 80 с, что позволяет пропускать 45 пар поездов в час. Такой интенсивности движения мировая практика пока не знает. Пассажиры практически не чувствуют, что они находятся под землей. Инженерно-технические установки поддерживают благоприятный микроклимат на станциях и в тоннелях.

Высокий уровень эксплуатации метрополитенов во многом зависит от управления перевозочным процессом. Движение поездов организовано по графикам, разработанным в соответствии со сложившимися пассажиропотоками. График устанавливает размеры движения по часам суток, наиболее рациональный его режим, интервалы между поездами. Он направляет работу всех подразделений, подчиняя их деятельности главному — бесперебойному и безопасному движению поездов, комфортабельности перевозок.

Оперативное управление и контроль за движением поездов и работой обслуживания ведутся с диспетчерского центра с использованием средств автоматики и телемеханики. Каждой линией руководит поездной диспетчер, в оперативном подчинении которого находятся электродиспетчер, диспетчер эскалаторов и диспетчер санитарно-технических устройств.

Советские метрополитены отличаются высокой надежностью технических средств, интенсивностью и безопасностью движения, четким выполнением графика, комфортабельностью. Это обуславливает их высокую эффективность. Для примера достаточно упомянуть Московский метрополитен. Уступая в протяженности линий подземкам крупнейших городов мира, он имеет пассажиронапряженность 13 млн. чел. в год на 1 км пути; в Лондоне этот показатель равен 1,5, в Нью-Йорке — 2,7, в Париже — 4,6.

Техника метрополитенов непрерывно совершенствуется. С целью повышения пропускной и провозной способности линий улучшаются характеристики подвижного состава, оборудования и устройств, внедряются прогрессивные способы эксплуатации. Наибольший эффект при этом достигается благодаря применению средств автоматики и телемеханики. На их основе создаются автоматизированные системы управления движением поездов и технологическими процессами. Устройства автоматики и телемеханики регулируют интервальное движение и обеспечивают его безопасность.

Для контроля движения на перегонах и станциях, не имеющих путевого развития, применяется система автоматической сигнализации АЛС частотного типа с автоматическим регулированием скорости АРС. Пропускная способность при этом увеличивается по сравнению с линией, оборудованной автоблокировкой, на 20—25%. Повышается безопасность движения.

Станции с путевым развитием оснащаются средствами маршрутно-релейной централизации с диспетчерским управлением стрелками и сигналами. При необходимости станционными объектами можно управлять с пульта, установленного на станции. Для слежения за управляемыми объектами и участками пути на перегонах система диспетчерской централизации дополняется устройствами диспетчерского контроля. Кроме того, по световым табло диспетчеры могут узнавать номера следующих поездов. Система АЛС и АРС вместе с другими техническими средствами позволяет пропускать до 48 пар поездов в час.

Для поддержания высокой интенсивности движения на метрополитене внедрена комплексная автоматизированная система управления всеми поездами, обращающимися на линии. Она точно обеспечивает рациональный график движения, освобождает машинистов от однообразных, часто повторяющихся при управлении операций.

Автоматизированная система управления поездами состоит из двух подсистем: безопасности движения (устройств АЛС и АРС) и автоведения. Поезда централизованно управляются с помощью комплекса устройств: центрального пункта управления, станционных, путевых и поездных установок. С центрального пункта в соответствии с заданной программой ЭВМ передает в станционные устройства всю необходимую информацию для управления поездами на линии. Станционные устройства на основе этой информации формируют и передают на поезда соответствующие команды.

Благодаря автоматизации управления в кабине поезда может находиться только один человек — машинист, а не два. Машинист следит за приборами и берет на себя управление лишь в исключительных случаях.

Четкое следование поездов по графику возможно при централизованном управлении движением поездов и работой соответствующих устройств из централизованного диспетчерского пункта с максимальным использованием средств автоматики и телемеханики.

Сейчас на метрополитенах СССР используется несколько систем диспетчерского управления движением поездов, управление технологическим оборудованием и устройствами, контроля за пассажиропотоками в зависимости от времени суток, базирующихся на использовании телемеханической аппаратуры и робототехники.

Однако технические параметры применяемых систем не всегда удовлетворяют современным требованиям из-за замедленной передачи информации и отсутствия параллельности операций при контроле за работой объектов.

В большинстве случаев представляется только визуальная информация, а системы телемеханики управляют лишь частью технологического процесса, а не всем комплексом. Это объясняется тем, что до определенного периода, т. е. до передачи метрополитенов Министерству путей сообщения, эти задачи решались каждым метрополитеном обособленно, и при отсутствии достаточной базы для разработок новейших систем автоматизации производственных процессов создание современной комплексной системы управления было затруднено.

В этих условиях особый интерес представляет разработанная система управления технологическим процессом пассажирских перевозок АСУТП-ПП, которая полностью автоматизирует процесс управления и регулирования движением поездов и всего перевозочного процесса метрополитена.

Автоматизация перевозочного процесса метрополитенов позволяет получить ряд преимуществ, главные из которых:

снижение эксплуатационных расходов и экономия электроэнергии за счет оптимизации движения поезда;

увеличение пропускной способности линии, значительное уменьшение интервала между поездами;

улучшение качества обслуживания пассажиров за счет повышения условий безопасности и более четкого выполнения графика движения поездов.

При ручном управлении машинист может оценить точность выполнения графика только при проследовании станций, так как время прохождения поезда через промежуточные сигналы в расписании не указано. Контрольные проверки выполнения графика на линиях Московского и Ленинградского метрополитенов, проведенные в часы пик, показали, что отклонения от графика при руч-

ном управлении вследствие передержки поездов на посадочных станциях достигают 30 с. Автоматическое управление поездами обеспечивает движение поездов с отклонением от графика в особо сложных условиях в пределах 5—10 с.

Точность выполнения графика не только улучшает качество обслуживания, сокращая их время на переезд, но и повышает пропускную способность линий на 20—27%.

Улучшаются также условия труда прежде всего машинистов, диспетчеров, дежурных по станции, за счет снижения интенсификации их труда. При этом появляется возможность пересмотра их задач и функций, направления их деятельности на улучшение работы с пассажирами, изыскание резервов.

Автоматизация управления движением должна обеспечивать установленную скорость движения поездов, строгое соблюдение последовательности остановок поездов на станциях, управление посадкой пассажиров, своевременность отправления поезда со станции, автоматизированную перестановку поезда на пути обратного движения, возможность перехода на ручное управление при нарушении надежности системы или появления препятствий для нормального движения (ограничение скорости, неисправность сигналов и др.).

Автоматизация должна обеспечивать контроль за движением поездов, что подразумевает сравнение реальной ситуации с запрограммированной для корректировки возникающих отклонений, постоянное наблюдение за продвижением поезда по графику движения, оценку ситуации пассажиропотоков для регулирования числа поездов на линии, контроль за работой оборудования, наблюдение за возникающими неисправностями и изменение работы системы для возможности их устранения, запись аварийных ситуаций для последующего анализа.

В современных условиях особого внимания заслуживает внедрение комплексной системы содержания помещений и вагонов в чистоте и порядке, полной автоматизации и роботизации всех уборочных операций за минимально короткое время. Это вызывается не только необходимостью снижения эксплуатационных затрат и улучшением обслуживания пассажиров, но и требованиями ликвидации ручного труда.

Современный уровень автоматизации перевозок на метрополитенах мира весьма высок. Автоматическое управление движением поездов внедрено на некоторых новых линиях метрополитенов Берлина, Лондона, Парижа, Мадрида и др.

Телеконтроль за движением поездов осуществляется в Берлине, Гамбурге, Париже. На некоторых метрополитенах, в частности в Берлине на 9-й линии, в Париже и в Гамбурге на новых линиях, в Лилле оборот поездов осуществляется без машинистов в кабине поезда.

На метрополитенах Советского Союза — самый высокий уровень автоматизации движения поездов, наиболее совершенная

система оплаты проезда, основанная на его постоянной стоимости. На Московском, Ленинградском, Харьковском, Киевском и других метрополитенах внедрены новейшие системы автоматического вождения поездов, которые позволяют организовать движение поездов без машинистов.

В 1961 г. на Московском метрополитене была испытана система автономного автоведения поездов. В 1976 г. на Кировско-Выборгской линии Ленинградского метрополитена впервые была применена система КСАУ, которая позволила управлять движением поездов из центрального пункта управления с помощью ЭВМ. В дальнейшем эта система получила большое распространение, прошла серьезную модернизацию и на некоторых линиях советских метрополитенов стала основной.

На Киевском метрополитене внедрена система автоматического управления эскалаторами с применением теленаблюдения, равной которой нет в мире. Аналогичная по своим результатам система теленаблюдения за работой эскалаторов внедрена и на Ленинградском метрополитене.

**Автоматическая блокировка.** Для интервального регулирования и обеспечения безопасности движения применяется односторонняя автоматическая блокировка. Действие автоблокировки основано на ограждении блок-участков светофорами. Показания светофоров поставлены в зависимость от состояния блок-участков и переключаются автоматически при появлении на них поезда. Контроль свободности или занятости блок-участков поездом осуществляется с помощью электрических рельсовых цепей.

При устройстве рельсовых цепей рельсовая линия делится на последовательные участки, изолированные друг от друга изолирующими стыками. В начале рельсовой цепи подключается источник тока — путевой трансформатор, в конце — путевое реле. Проводниками электрического тока от путевого трансформатора к путевому реле являются ходовые рельсы. По рельсам протекает также и обратный тяговый ток. Для пропуска его в обход изолирующих стыков по концам каждой рельсовой цепи включаются дроссель-трансформаторы. При отсутствии поезда путевое реле находится под током, фиксируя свободность контролируемого участка. При вступлении поезда на рельсовую цепь обмотка путевого реле шунтируется колесной парой, путевое реле обесточивается, фиксируя занятость контролируемого участка.

Для обеспечения высокой степени безопасности движения поездов в рельсовые цепи метрополитена включены по два путевых реле. Оба реле работают совместно и согласованно. Информация о свободности рельсовой цепи признается достоверной только в том случае, если она составлена обоими путевыми реле при нахождении их под током. Отказ одного из путевых реле искажает информацию и она расценивается как опасность для движения. Применение двух путевых реле исключает возможность формирования

(в случае неисправности одного из них) ложного разрешающего сигнала при наличии фактической опасности для движения.

Условия работы рельсовых цепей на метрополитене имеют свои особенности. Сравнительно низкое напряжение в контактном рельсе (825 В) и наличие на каждом вагоне поезда четырех тяговых двигателей обуславливают большой обратный тяговый ток. В связи с этим дроссель-трансформаторы, включенные в рельсовую цепь, рассчитаны на длительный пропуск обратного тока величиной до 1000 А, протекающего по каждому рельсу. Для защиты рельсовой цепи от влияния гармонической составляющей обратного тягового тока применяется путевое реле типа ДСШ-2 с увеличенной мощностью путевой обмотки. Работа рельсовой цепи в условиях замкнутого металлического тоннеля предъявляет повышенные требования к содержанию рельсовой линии: ходовые рельсы не должны касаться путевого бетона и заземленных металлических конструкций. При нарушении этих условий может появиться утечка обратного тягового тока, способная привести не только к нарушению работы рельсовой цепи, но и к более тяжелым последствиям.

Нормативы первичных параметров рельсовой цепи метрополитена — сопротивление изоляции балласта ( $r_{из} = 1 \text{ Ом/км}$ ) и сопротивление нормативного шунта ( $R_{шн} = 0,06 \text{ Ом}$ ) принимаются такими же, как и для магистральных железных дорог. Объясняется это тем, что линии метро имеют участки на поверхности земли и условия эксплуатации рельсовых цепей те же, что и у магистральных железных дорог. Опыт показывает, что рельсовые цепи, рассчитанные и построенные при указанных первичных параметрах, на метрополитене работают устойчиво во всех основных режимах.

В тоннелях применяются линзовые, малогабаритные светофоры типа «Метро», устанавливаемые на металлическом основании.

Конструкция светофорной головки предусматривает установку на каждое сигнальное показание двух светофорных ламп типа ЖС (железнодорожные, светофорные). Мощность лампы 15 Вт при питающем напряжении 12 В. На наземных участках применяются линзовые светофоры железнодорожного типа, установленные на мачтах высотой 5310 мм над уровнем головок ходовых рельсов. В светофорной головке на каждое сигнальное показание устанавливается по одной лампе типа ЖС мощностью 25 Вт при напряжении 12 В.

Автоблокировка метрополитена в отличие от аналогичных систем магистральных железных дорог дополнена электромеханическим автостопом точечного действия, установленным возле светофора. Автостопы предназначены для принудительного экстренного торможения поезда, если машинист не примет мер к его остановке перед запрещающим сигналом. Остановка поезда в таком случае происходит в пределах защитного участка, выделенного между светофором и ограждаемым им участком. Длину за-



шитного участка принимают равной тормозному пути при экстренном торможении с установленной максимальной скоростью движения.

Рабочим органом автостопа является ударный рычаг, расположенный с правой стороны пути. Он взаимодействует с рамой срывного клапана поездного автостопа. Ударный рычаг может занимать два положения: горизонтальное, соответствующее открытому автостопу, и вертикальное — закрытому. Управляется он с помощью системы шарнирной передачи специальным электроприводом. Для надежного взаимодействия путевого и поездного автостопов ударный рычаг в вертикальном положении должен возвышаться над головками ходовых рельсов на  $85^{+5}$  мм, а его центр должен отстоять от внутренней грани ближайшего ходового рельса на  $308 \pm 20$  мм. Высота подвески рамы срывного клапана поездного автостопа должна быть не более 55 мм и не менее 53 мм от уровня головки рельса. Показание путевого светофора увязано с положением его автостопа. При закрытом автостопе на светофоре включается запрещающий сигнал. Разрешающий сигнал включается только при открытом автостопе.

К автоблокировке предъявляются высокие эксплуатационные требования, которые устанавливаются Правилами технической эксплуатации метрополитенов. Все светофоры и их автостопы переключаются в запрещающее положение при входе поезда на ограждаемые ими участки, а также в случае нарушения целостности рельсов этих участков. Не допускается включение разрешающих сигналов до полного освобождения ограждаемых участков. Запрещающее показание на светофоре может смениться на разрешающее только после освобождения блок-участка за данным светофором и защитного участка за следующим, сигнал и автостоп которого приняли запрещающее положение. До смены запрещающего сигнала на разрешающий собственный автостоп должен занять открытое положение.

Действие автоблокировки показано на примере работы светофора 1 (рис. 31,а). Блок-участок *БУ-1* для светофора 1 является защитным участком, а *БУ-3* — ограждаемым. При занятии поездом блок-участка *БУ-1* или *БУ-3* (рис. 31,б) на светофоре 1 автоматически включается запрещающий сигнал и автостоп *А1* принимает закрытое положение. Смена запрещающего сигнала светофора 1 на разрешающий происходит после освобождения поездом блок-участков *БУ-1* и *БУ-3*, контроля наличия на светофоре 3 запрещающего сигнала и при условии закрытого автостопа *А3* (рис. 31,в). Такая зависимость гарантирует ограждение проследовавшего поезда следующим светофором. В случае проезда поездом запрещающего сигнала светофора 3 он будет заторможен автостопом *А3* и остановлен на участке *БУ-3*. Включение разрешающего сигнала на светофоре 1 произойдет только после открытия собственного автостопа *А1*.

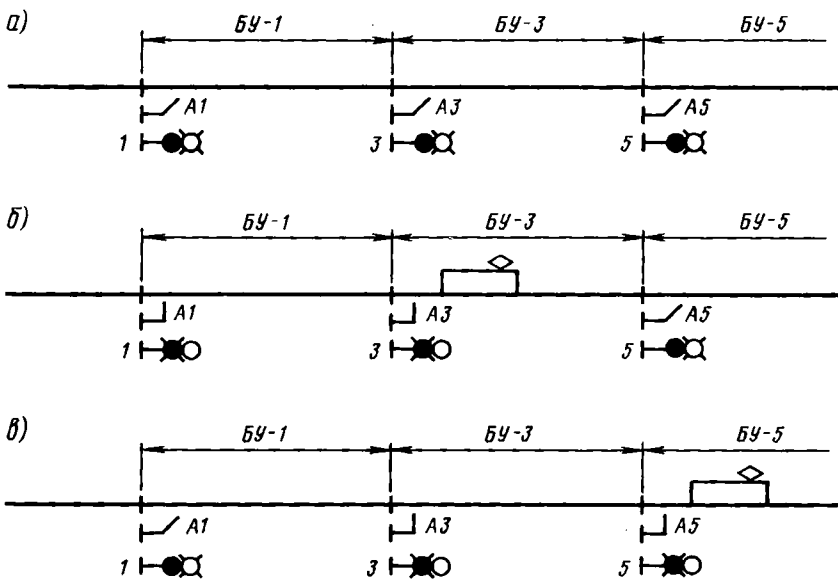


Рис. 31. Принцип действия автоблокировки

Основными цветами сигнальных огней светофоров приняты красный, желтый и зеленый. Красный огонь светофоров во всех случаях является сигналом, запрещающим движение. Желтый огонь и горящие одновременно желтый и зеленый огни являются предупредительными сигналами. Желтый огонь указывает на то, что впереди имеется свободный блок-участок, следующий светофор имеет запрещающее показание и требуется снизить скорость, чтобы быть готовым остановиться перед запрещающим сигналом. Горящие одновременно желтый и зеленый огни указывают на то, что следующий по ходу поезда светофор горит желтым огнем и скорость движения при подходе к нему должна быть снижена. Зеленый огонь на светофоре разрешает движение с установленной скоростью.

Автоблокировка метрополитена допускает минимальный интервал между поездами с обеспечением из безостановочного и безопасного движения, составляющий суммарную длину двух блок-участков и одного защитного участка. Делением этого расстояния на среднюю скорость движения можно определить межпоездной интервал времени. На перегоне этот показатель зависит от средней скорости движения и может составлять около 60 с, что соответствует пропускной способности 60 поездов в час.

Практически такую пропускную способность невозможно реализовать, так как межпоездной интервал увеличивается в зоне станции за счет торможения при остановке, времени стоянки для посадки и высадки пассажиров и разгона при отправлении. Рас-

четная пропускная способность автоблокировки для 8 вагонных составов при стоянке на станции 30 с составляет 40 пар поездов в час. Межпоездной интервал при этом, равный 90 с, достигается в результате осуществления ряда технических решений: применения четырехзначной сигнализации на подходе к станции и сокращения за счет этого длин блок-участков; включения на входных светофорах разрешающего сигнала при неполном освобождении ограждаемых участков уходящим со станции поездом и автоматическим слежением за режимом его разгона для обеспечения безопасного подхода следующего поезда.

Постоянно растущая потребность в увеличении интенсивности и скорости движения на метрополитенах выдвигает новые, повышенные требования к системам интервального регулирования, главным образом по увеличению пропускной способности и обеспечению безопасности движения поездов.

Устройства автоблокировки не удовлетворяют таким высоким требованиям и не могут быть признаны современными прежде всего из-за ограничений пропускной способности. Кроме того, длинные защитных участков на перегоне и подходе к станции рассчитываются на определенную заданную скорость движения, при этом фактическая скорость поезда техническими средствами не ограничивается и должна регулироваться машинистом; автостоп действует только в одной расчетной точке в месте его установки (точечное действие) и не является непрерывно действующим.

Автоматическая блокировка с механоэлектрическим автостопом — один из наиболее надежных способов автоматизации движения поездов при скоростях на перегонах не более 75 км/ч, на промежуточных станциях 55—60 км/ч, на тупиковых станциях не более 40 км/ч.

Если скорость выше, то нет гарантии остановки поезда на ограждаемом участке, т. е. возможен проезд запрещающего сигнала. Учитывая, что скорость поезда не ограничивается никакими устройствами и зависит в основном от машиниста, условия безопасности значительно снижаются.

Все эти особенности требуют новых решений, главным из которых должно быть автоматическое регулирование скорости, исключающее проезд запрещающего сигнала, т. е. скорость должна автоматически устанавливаться такой, чтобы расстояние до места остановки никогда не было меньше тормозного пути.

Автоматическое регулирование скорости и процессов торможения позволяет обеспечить безопасное движение поездов, ликвидировать непроизводительные потери и увеличить пропускную способность линий.

**Система автоматической локомотивной сигнализации с автоматическим регулированием скорости АЛС-АРС.** Система состоит из путевых и поездных устройств. Путевые устройства с помощью рельсовых цепей определяют свободу пути, формируют кодовые сигналы о допустимой скорости движения и передают их

по рельсовой линии на поезд. Поездные устройства непрерывно измеряют фактическую скорость поезда и сравнивают ее с допустимой. Если фактическая скорость не превышает допустимую, то поездные устройства не оказывают влияния на процесс управления поездом. В случае превышения допустимой скорости устройства АЛС-АРС автоматически включают торможение. После снижения скорости до допустимого значения торможение поезда автоматически отключается.

Для гарантированного торможения предусмотрено трехкратное замещение тормозных средств. Первоначально включается электрический тормоз с контролем эффективности его действия. В случае неподтверждения действия электрического тормоза через установленное время включаются электропневматический тормоз и система его контроля. При отказе электропневматического тормоза вступает в действие экстренный пневматический тормоз.

В системе предусмотрено (в зависимости от длины пути, свободного для движения) пять ступеней допустимой скорости: 0, 40, 60, 70 и 80 км/ч. В случае прекращения поступления с пути кодовых сигналов движение может осуществляться со скоростью не более 20 км/ч при нажатой машинистом кнопке бдительности.

Максимальное сближение с препятствием возможно на расстоянии тормозного пути при допустимой скорости движения. Изменение ступени допустимой скорости по мере сближения с препятствием позволяет выбрать наиболее рациональный режим движения и получить наибольшую пропускную способность. Пропускная способность линии метрополитена при оборудовании ее устройствами АЛС-АРС увеличивается по сравнению с линией, оборудованной автоблокировкой, на 20—25% и достигает 45—48 пар поездов в час. Благодаря непрерывному контролю фактической скорости и ограничению ее в пределах допустимой система АЛС-АРС обеспечивает высокую степень безопасности движения поездов.

Основу путевых устройств составляют рельсовые цепи, с помощью которых проверяется состояние пути, определяется число блок-участков, свободных для движения. Рельсовая цепь служит также каналом связи для передачи на поезд информации о допустимой скорости движения. Таким образом, в системе АЛС-АРС по рельсовой цепи одновременно протекают два сигнальных тока: ток частотой 50 Гц, обеспечивающий работу путевых реле, и ток кодовых сигналов АЛС-АРС, предназначенный для передачи на поездные устройства. Принцип построения сигналов АЛС-АРС — частотно-кодовый. Каждой частоте соответствует определенная допустимая скорость движения. Частоте 75 Гц соответствует допустимая скорость 80 км/ч; частоте 125 Гц — 70 км/ч; частоте 175 Гц — 60 км/ч; частоте 225 Гц — 40 км/ч и частоте 275 Гц — 0 км/ч.

Выбор диапазона частот сделан из условия надежного отфильтровывания кодовых сигналов АЛС-АРС от гармонических

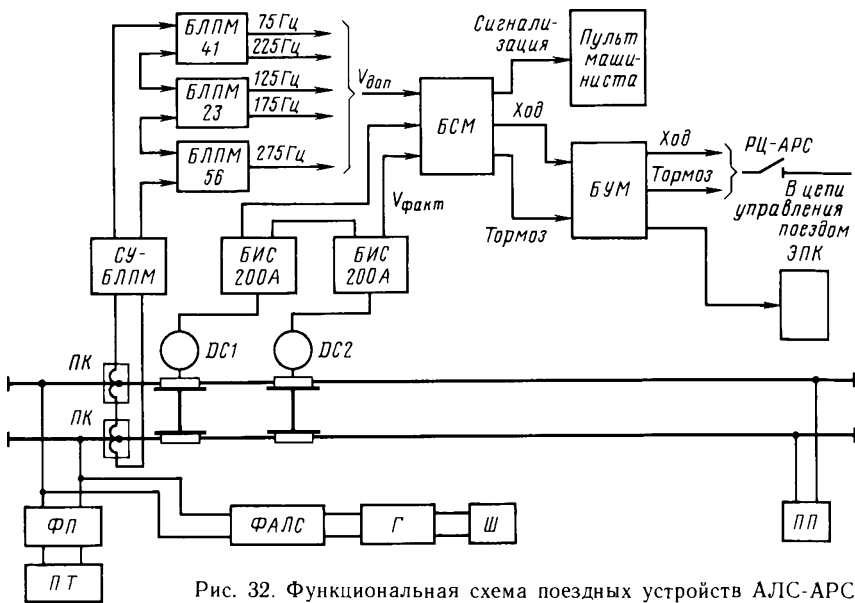


Рис. 32. Функциональная схема поездных устройств АЛС-АРС

составляющих тягового тока, кратных току промышленной частоты 50 Гц. Для преобразования тока с частотой 50 Гц в ток сигнальной частоты 75—275 Гц применяется специальный генератор. Кодовые сигналы АЛС-АРС формируются с помощью управляющих реле, которыми контролируется наличие тормозного пути за кодируемым участком.

Поездные устройства АЛС-АРС (рис. 32) предназначены для осуществления непрерывного контроля фактической скорости движения поезда, сравнения ее с допустимой и в случае превышения поездом допустимых значений включения торможения с контролем его эффективности. Поездные устройства состоят из приемных катушек ПК, датчиков скорости ДС1, блоков локомотивных приемников БЛПМ, блоков измерения скорости БИС200А, блока сигнализации БСМ, блока управления БУМ, согласующего устройства СУ-БЛПМ, реле контроля тормозного тока РКТТ, датчика контроля пневматического тормоза ДКПТ и электропневматического клапана экстренного торможения ЭПК. Приемные катушки ПК предназначены для приема кодового сигнала из рельсовой линии и устанавливаются перед первой колесной парой над каждым ходовым рельсом. Датчик скорости ДС1 предназначен для измерения фактической скорости поезда. При вращении колеса датчик генерирует электрические сигналы с частотой, прямо пропорциональной скорости движения поезда.

На оси каждой колесной пары КП первой тележки головного вагона устанавливается по одному датчику ДС1. Применение двух датчиков исключает формирование ложного сигнала при дви-

жении поезда с заклиненной колесной парой. Блок локомотивных приемников *БЛПМ* предназначен для приема, дешифрования и усиления тока сигнальной частоты, воспринимаемой приемными катушками, и содержит два селективных приемника, каждый из которых настроен на прием только одной определенной сигнальной частоты. Блок измерения скорости *БИС200А* предназначен для определения фактической скорости движения поезда. Он работает совместно с датчиком скорости *ДИ-1* и состоит из усилителя, полосовых фильтров и скоростных реле. Блок сигнализации *БСМ* предназначен для сравнения фактической и допустимой скоростей и формирования команд на торможение или разрешение движения, а также для управления сигнализацией на пульте машиниста. Блок управления *БУМ* предназначен для выдачи команд, сформированных блоком *БСМ*, в цепи управления поездом. При фактической скорости меньше допустимой он разрешает движение в режиме, определяемом машинистом поезда. В случае превышения допустимой скорости выдается команда на торможение с предварительным отключением тяговых двигателей и сигнализацией об автоматическом отключении тяговых двигателей и включении торможения. Согласующее устройство *СУ* предназначено для согласования электрических характеристик локомотивных приемников *БЛПМ* и приемных катушек *ПК*. Реле контроля тормозного тока *РКТТ* предназначено для контроля величины тормозного тока каждого вагона при электрическом торможении от устройств *АЛС-АРС*. Датчик контроля пневматического торможения *ДКПТ* контролирует действие пневматического тормоза в случае отказа или неэффективности действия электрического тормоза. Электромагнитный клапан *ЭПК* предназначен для экстренного торможения путем разрядки тормозной магистрали. Вся аппаратура поездных устройств *АЛС-АРС* изготовлена в блочном исполнении и установлена в отдельном стативе.

При движении поездов сигнальные частоты от путевых генераторов подаются в рельсовые цепи навстречу поезду. С приемных катушек сигнал поступает на согласующее устройство, а затем на входные фильтры блоков *БЛПМ*, соединенных последовательно. В соответствующем канале одного из блоков, настроенного на данную частоту, сигнал усиливается и подается в *БСМ*, где происходит определение допустимой скорости. С блока *БСМ* выдается информация о допустимой скорости на пульт управления машиниста. Фактическая скорость поезда определяется с помощью осевого датчика *ДС1* и блока измерения скорости *БИС200А*. Информация о фактической скорости поезда поступает на блок сигнализации *БСМ* и на указатель скорости, расположенный на пульте машиниста.

В блоке *БСМ* производится сравнение фактической и допустимой скоростей движения. В случае, если фактическая скорость движения превышает допустимую, формируется команда *тормоз*.

Если фактическая скорость не превышает допустимую, формируется команда *ход*.

Выдачу команд, сформированных блоком *БСМ*, осуществляет блок управления *БУМ* путем воздействия на соответствующие приборы схемы управления поездом. Увязка схемы управления *АРС* с цепями управления поездом осуществляется с помощью разъединителя цепей *РЦ-АРС*, который нормально включен и опломбирован.

Система *АЛС-АРС* впервые была внедрена на Московском метрополитене, коллектив которого принимал активное творческое участие в ее создании. За время эксплуатации системы *АЛС-АРС* проводились значительные работы по ее совершенствованию. Особое внимание уделялось вопросам повышения надежности системы для обеспечения безопасности движения и возможности использования ее как основного средства сигнализации при движении поездов. Проведенная модернизация позволила контролировать работоспособность машиниста, движение по некодированным участкам пути, осуществлять выезд из депо с включенными устройствами, исключить скатывание состава в случае остановки его на затяжном уклоне.

Благодаря совершенствованию аппаратуры, технологии ремонта и обслуживания достигнута высокая надежность работы устройств *АЛС-АРС*.

Особенно большая работа в этом направлении проведена на Харьковском метрополитене, где впервые в нашей стране движение поездов осуществляется одним машинистом по системе *АЛС-АРС* с погашенными огнями светофоров. При этом автоблокировка выполняет роль резервной системы для вывода с линии поезда в случае неисправности на нем устройств *АЛС-АРС*.

В 1983 г. учеными ВНИИЖТа в содружестве с коллективом Московского метрополитена разработано дублирующее автономное устройство *ДАУ-АРС*, использующее в качестве резерва комплект поездной аппаратуры *АРС* хвостового вагона поезда.

Устройство *ДАУ-АРС* обеспечивает предупредительную сигнализацию машинисту о допустимой скорости на впереди лежащем участке пути, ограничение скорости движения при отключении основного комплекта аппаратуры, работу устройств при резервном управлении поездом, отключение ходового режима и торможение поезда при отключении устройств *АРС*.

Разработанная свыше двадцати лет назад система *АЛС-АРС* прочно вошла в жизнь, получила широкое распространение на метрополитенах нашей страны и ЧССР. В настоящее время она превратилась в основное средство регулирования движения поездов.

Большое значение для дальнейшего развития устройств автоматики имеет создание Московским метрополитеном и МИИТом системы интервального регулирования движения поездов с централизованным размещением аппаратуры. Вынос аппаратуры из

тоннеля, имеющего стесненные габариты, и размещение ее на станциях имеет большое практическое значение и позволяет решить целый ряд технических, экономических и социальных задач.

Расположение всей перегонной аппаратуры на стативах в релейном помещении станции позволяет значительно улучшить систему обслуживания устройств, повысить оперативность устранения неисправностей, сократить время нахождения в тоннеле, улучшить тем самым условия труда эксплуатационного персонала. Кроме того, создается возможность организации новой прогрессивной технологии содержания устройств с контролем технических параметров и диагностикой состояния основных элементов устройств автоматики.

Применение устройств с централизованным размещением аппаратуры позволяет широко использовать индустриальные методы строительства и монтажа, уменьшить применение металлоемкого оборудования и конструкций, кабелей и проводов, сократить сроки выполнения монтажных работ. В настоящее время централизованное размещение аппаратуры предусматривается при проектировании всех новых метрополитенов, а также при реконструкции устройств на действующих линиях.

Основу современных систем железнодорожной автоматики и телемеханики составляют рельсовые цепи. Для метрополитенов характерно применение коротких рельсовых цепей (25—100 м), работающих в специфических условиях. По рельсовым нитям передается сигнальный ток в широком диапазоне частот, обратный тяговый ток, содержащий гармонические и импульсные помехи.

Все это потребовало применения большого количества материалоемких дроссель-трансформаторов, кабелей и проводов, аппаратуры и оборудования. На 1 км пути устанавливают до 15 рельсовых цепей, что снижает надежность рельсового пути, не позволяет укладывать длинные сварные плети, ускоряет износ подвижного состава, способствует образованию блуждающих токов. Поэтому наиболее перспективным для метрополитенов является применение бесстыковых рельсовых цепей.

Бесстыковые рельсовые цепи открывают возможность создания качественно новых систем интервального регулирования движением поездов по сигналам АЛС без путевых светофоров с централизованным размещением аппаратуры на станциях.

Бесстыковые рельсовые цепи для метрополитена разработаны ВНИИЖТ, КБ ЦШ и Мосметро и прошли испытания на Московском и Харьковском метрополитенах. В настоящее время на Харьковском метрополитене включены в постоянную эксплуатацию 24 бесстыковые рельсовые цепи. Принято решение о дальнейшем их внедрении на метрополитенах.

На станциях с путевым развитием применяется маршрутно-релейная централизация, разработанная Метрогипротрансом специально для метрополитена. Маршрутно-релейная центра-



лизация облегчает управление стрелками и сигналами, позволяет автоматизировать установку маршрутов приема и отправления поездов, оборота и отстоя составов, повышает пропускную способность станции и безопасность движения поездов.

Управление стрелками и сигналами ряда станций на линии метрополитена с одного диспетчерского пункта производится устройствами диспетчерской централизации типа СКЦ-67. Диспетчерская централизация позволяет повысить эффективность диспетчерского руководства движением поездов на метрополитене, более оперативно восстанавливать нарушенный график движения, сократить на станциях штат работников, участвующих в регулировании движения поездов. Диспетчерская централизация типа СКЦ-67 показала высокую надежность работы и в настоящее время применяется на всех метрополитенах страны.

**Системы автоведения поездов.** В настоящее время на отечественных и зарубежных метрополитенах все большее внимание получают комплексные системы автоматического или автоматизированного управления движением поездов. Комплексные системы автоматического управления движением поездов метрополитена (КСАУДПМ) или автоматизированные системы управления движением поездов метрополитена (АСУДПМ) предназначены для увеличения пропускной и провозной способности линий, повышения безопасности движения, экономии электроэнергии, улучшения культуры обслуживания пассажиров.

КСАУДПМ состоит из системы интервального регулирования, обеспечивающей безопасность движения (автоблокировка с автоматическим регулированием скорости АРС), системы автоведения поездов, радиооповещения пассажиров о поезде.

Система АРС определяет допустимую скорость поезда в зависимости от местоположения впереди идущего поезда и постоянных ограничений скорости. В случае превышения допустимой скорости поездом осуществляется переход на выбег и включение тормозов. При снижении скорости производится переход на режим выбега.

АСУДПМ, кроме указанных систем, включает в себя систему диспетчерского управления и диспетчерской централизации.

Системы автоведения поездов метрополитена (САВПМ), называемые системами автоматического управления поездами (САУП) или «автомашинистами», входящие в состав КСАУДПМ и АСУДПМ, предназначены в основном для повышения точности выполнения графиков движения поездов. Так, на ряде линий Московского метрополитена в часы пик осуществляется движение 42—45 пар поездов в час. Такой напряженный график движения с требуемой точностью его выполнения может быть обеспечен только системами автоведения поездов.

Внедрение систем автоведения поездов метрополитена позволяет снизить расход электроэнергии на 5—10% за счет повышения точности выполнения графика движения, сокращения лишних

торможений поездов, применения рациональных режимов ведения поездов и уменьшения времени на прицельное торможение у платформ.

Применение САВПМ облегчает труд машиниста, освобождает его от функций непосредственного управления поездом, сокращает время на перевозку пассажиров.

Системы автоведения поездов метрополитена автоматизируют процессы пуска и разгона, выбирают режимы ведения поезда по перегону с целью выполнения заданного времени хода, обеспечивают подтормаживание по требованию постоянных ограничений скорости, прицельное торможение у платформ, открытие и закрытие дверей, включение радиооповещения, выполнение времени стоянки поезда.

Приоритет в разработке систем автоведения поездов принадлежит Советскому Союзу. Первая система автоведения поездов, названная «автомашинист», была разработана в 1957 г. Научно-исследовательским институтом управляющих и вычислительных машин (НИИ УВМ) для электропоезда пригородного сообщения.

Наибольшее распространение в СССР и за рубежом системы автоведения поездов нашли на метрополитенах, где требуется большая точность выполнения графика движения и остановки поезда у платформы.

САВПМ различаются по степени централизации, алгоритмам управления движением поездов на линии, законам управления времени хода по перегону, алгоритмам управления торможением, аппаратурному исполнению.

Первые испытания системы автоведения поездов проводились в 1962 г. на кольцевой линии Московского метрополитена. Два поезда были оборудованы системой автоведения, названной САУ-М, разработанной НИИ УВМ. САУ-М является автономной системой, построенной на базе специализированной вычислительной управляющей машины на феррит-транзисторных элементах. Отправление поезда со станции производилось нажатием кнопки машинистом. При движении поезда в режиме тяги САУ-М, выполняя тяговые расчеты, определяла момент выключения тяговых двигателей исходя из заданного времени хода по перегону.

Перед участком торможения на каждой станции устанавливалась путевая скоба в качестве датчика коррекции пути. Для управления торможением на станциях САУ-М подводила тяговые расчеты. С целью упрощения алгоритма расчета был разработан модернизированный вариант системы, названной САУ-М2, где применен принцип программного управления торможением поезда.

Системы автоведения САУ-М, САУ-М2 из-за низкой надежности, сложности аппаратурной реализации, отсутствия возможности централизованного управления не нашли распространения на метрополитенах. Опыт эксплуатации САВП способствовал развитию централизованных систем автоведения поездов.

В настоящее время на метрополитенах СССР применяются только централизованные САВПМ. К централизованным системам первого поколения относится программно-моделирующая система автоуправления поездами (ПМСАУП), внедренная на Невско-Василеостровской и Московско-Петроградской линиях Ленинградского метрополитена, и система автоведения, названная САММ, внедренная на Краснопресненской линии Московского метрополитена.

ПМСАУП, разработанная институтом «Гипротрансигнал-связь», включает в себя оборудование ЦПУ, напольные и поездные устройства. Программная машина ЦПУ посылает команды отправления всех поездов с конечных станций в соответствии с графиком движения, записанном на перфоленте. Моделирующая машина ЦПУ посылает команды отправления поездов со всех промежуточных станций и сигнал в момент графического прохождения поездом контрольной точки на перегоне. При прохождении поездом контрольной точки определяется отклонение фактического момента проследования поезда от графического  $T_{кт}$  и напольное устройство определяет время дополнительного движения в режиме тяги  $T_{дт}$  по линейной зависимости  $T_{дт}$  ( $T_{кт}$ ). По истечении времени  $T_{дт}$  производится отклонение тяговых двигателей. От станции до конца зоны выключения тяговых двигателей проложен шлейф программы хода. Регулируемая часть программы хода, расположенная от контрольной точки, находится под током в течение времени  $T_{дт}$  в случае опоздания поезда. Прицельное торможение на станции в системе ПМСАУП осуществляется поездным устройством.

Система САММ, разработанная МИИТом совместно с Московским метрополитеном, состоит из центрального поста управления, станционных устройств, поездных устройств и напольных программ. В системе САММ реализован интервальный алгоритм управления. ЦПУ задает параметры графика движения, записанного на перфоленте, в виде следующих параметров: интервалов попутного следования, времен стоянки на станциях, времен хода по перегону. Станционные устройства осуществляют управление отправлением поездов со станций и выключение тяговых двигателей на перегоне. Управление временем хода в системе САММ осуществляется по сигналам активных индуктивных датчиков, установленных на пути таким образом, что дополнительное время движения поезда с включенными тяговыми двигателями от одного датчика до другого уменьшает оставшееся время хода на 1 с. Тяговые двигатели отключаются по сигналу СУ над тем датчиком, от которого фактическое оставшееся время хода равно программному. Прицельное торможение осуществляется поездным устройством по напольным программам, установленным внутри рельсовой колеи в виде пассивных индуктивных датчиков. Станционные и поездные устройства выполнены на базе элементов серии «Спектр».

С развитием управляющих вычислительных машин разработаны централизованные системы автоведения поездов метрополитена второго поколения с управляющим вычислительным комплексом (УВК) на ЦПУ. Применение УВК позволило расширить функции ЦПУ. Первой в СССР системой автоведения поездов метрополитена с УВК на ЦПУ является система, названная КСАУП, внедренная в 1976 г. на Кировско-Выборгской линии Ленинградского метрополитена. Эта система автоведения входит в состав комплексной системы управления поездами и работает совместно с АРС. КСАУП разработана институтом «Гипротранс-сигнализация» совместно с Ленинградским метрополитеном.

ЦПУ КСАУП получает информацию о фактическом прибытии и отправлении поездов и формирует команду на отправление поездов и вычисляет дополнительное время хода поезда под током  $T_{дт}$  от контрольной точки как линейную функцию отклонения по отправлению. Информация от  $T_{дт}$  передается на СУ. Станционное устройство по истечении времени  $T_{дт}$  вырабатывает команду на отключение тяговых двигателей, которая передается на поезд через шлейфы. Поездное устройство КСАУП имеет те же функции, что и ПУ ПМСАУП. ПУ КСАУП имеет связь с АРС. Модернизированный вариант системы автоведения, названной КСАУПМ, в настоящее время внедряется на Невско-Василеостровской линии Ленинградского метрополитена.

МИИТом совместно с Московским метрополитеном разработана система автоведения поездов с УВК на ЦПУ, входящая в состав комплексной системы автоматического управления движением поездов метрополитена (КСАУДП). Данная система в настоящее время имеет наибольший полигон внедрения на метрополитенах СССР. КСАУДП в 1979 г. внедрена на Ждановско-Краснопресненской линии Московского метрополитена и первой линии Харьковского метрополитена, в 1980 г.— на Калининской линии Московского метрополитена, в 1983 г.—на первой линии Ташкентского метрополитена.

ЦПУ КСАУДП предназначен для приема сигналов о движении всех поездов на линии и выработки команд управления на отправление поездов со станций и управления временем хода по перегону. Центральный пост управления КСАУДП (рис. 33) построен на базе двух управляющих вычислительных комплексов УВК. Один УВК работает в режиме управления, другой находится в резерве. ЦПУ через устройства согласования с объектом УСО и релейный статив соединен кабельными линиями связи с каждым станционным устройством.

При входе поезда на станцию (из релейного шкафа системы интервального регулирования) сигнал с датчика прибытия поезда через станционное устройство передается на ЦПУ. На основе информации о плановом графике и сигналов фактического прибытия поезда центральным постом управления вырабатывается команда за 5 с до момента программного отправления поезда

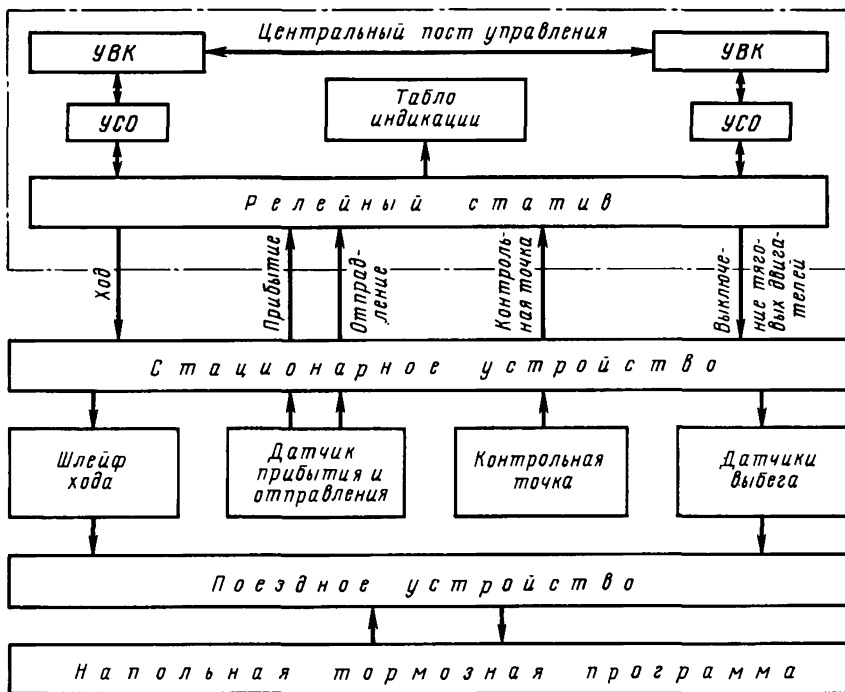


Рис. 33. Структурная схема КСАУДП

со станции, которая по кабельным линиям связи передается через шлейф хода на поезд. Поездное устройство по сигналу «ход» осуществляет звуковое оповещение машиниста, включение радиоинформатора, отпуск тормозов после закрытия дверей, отправление поезда.

По сигналу о прохождении поездом контрольной точки (индуктивного датчика), установленной в начале зоны выключения тяговых двигателей, центральный пост управления вычисляет оставшееся время хода  $T_{oc}$  от момента фактического отправления поезда (определяемого по сигналу датчика отправления) до графического момента прибытия поезда на следующую станцию. По нелинейной зависимости  $T_{дл} = f(T_{oc})$ , хранящейся в памяти УВК для каждого перегона, ЦПУ вычисляет время дополнительного движения  $T_{дт}$  с включенными тяговыми двигателями от контрольной точки. По истечении  $T_{дт}$  центральный пост управления вырабатывает команду на выключение тяговых двигателей, которая с помощью индуктивных датчиков выбега передается на поезд. Датчики выбега устанавливаются равномерно в зоне выключения тяговых двигателей.

На ЦПУ имеется информационное табло, на котором высвечиваются все сигналы о прибытии и отправлении поезда со стан-

ций, прохождения контрольных точек и вырабатываемые команды на отправление поездов и выключение тяговых двигателей.

Станционные устройства КСАУДП выполняют роль ретрансляторов команд и сигналов между поездным устройством и ЦПУ. Поездное устройство предназначено для приема и обработки команд, поступающих с ЦПУ и реализации прицельного торможения. Прицельное торможение у платформы осуществляется по программам пассивных датчиков, установленных в зоне торможения.

Система автоведения поездов работает совместно с системой безопасности движения, команды АРС имеют приоритет над командами автоведения.

Вышеуказанные системы автоведения поездов не имеют оперативной связи с диспетчером и не удовлетворяют требованиям по точности выполнения времени хода. С повышением интенсивности движения поездов на метрополитенах требуется точность выполнения графика движения в пределах 3—5 с. В связи с этими требованиями в настоящее время рядом организаций МПС ведется разработка автоматизированных систем управления движением поездов метрополитена (АСУДПМ). В АСУДПМ осуществлено взаимодействие системы диспетчерского управления, диспетчерской централизации, системы обеспечения безопасности движения, системы автоведения и системы связи. АСУДПМ является подсистемой АСУ Метро.

Централизованные системы автоведения АСУДПМ относятся к системам третьего поколения, которые используют вычислительные комплексы на ЦПУ и микропроцессорные устройства на других уровнях. Развитие таких систем идет по двум направлениям. Первое направление предусматривает использование УВК на ЦПУ, микроЭВМ на станции и простых поездных устройств. В этом случае ЦПУ выполняет функции верхнего уровня, определяет времена хода по перегонам, времена стоянок и управляет временем хода по перегону.

Станционные устройства осуществляют управление прицельным торможением и передачу информации. ПУ является в этом случае исполнительным устройством. Такая структура САВПМ требует наличия напольных устройств, например в виде шлейфов в зоне торможения.

Второе направление предусматривает использование УВК на ЦПУ, микроЭВМ на СУ и микроЭВМ или микропроцессорного устройства на ПУ. ЦПУ выполняют только функции верхнего уровня, вырабатывая алгоритм управления временем хода по перегону и временем стоянки. СУ управляет передачей информации между ЦПУ и ПУ. Микропроцессорное поездное устройство регулирует время стоянки, управляет временем хода по перегону, осуществляет прицельное торможение. Наличие микроЭВМ на борту имеет ряд достоинств — повышает точность управления временем хода и торможением за счет периодического измере-

ния фактических параметров движения (при отсутствии напольных программ) для управления временем хода и прицельным торможением, позволяет осуществить диагностику и контроль параметров движения поезда по линии, повышает информативность и «живучесть» системы.

В 1985 г. МИИТом совместно с Харьковским метрополитеном проведены испытания поездного устройства системы автоведения поездов, построенного на базе микроЭВМ. Испытания показали работоспособность микроЭВМ на борту. Применение новых законов управления временем хода по средней скорости и следящего принципа управления прицельным торможением позволило повысить точность выполнения времени хода до 3 с и снизить потери на торможение до 1 с при точности остановки  $\pm 1$  м.

Применение микропроцессорных систем автоведения поездов метрополитена третьего поколения позволяет расширить функции системы без увеличения аппаратуры, повысить качество управления, ускорить процесс внедрения за счет применения готовых промышленных микроЭВМ, совершенствовать алгоритм управления во время эксплуатации без аппаратурных переделок путем изменения программного обеспечения, повысить надежность работы и «живучесть» системы. Внедрение систем автоведения поездов метрополитена третьего поколения намечено начать в 1988 г.

Указанные системы обеспечивают достаточное расстояние между поездами и исключают въезд в опасную зону. В автоматической системе управления это осуществляется с большой точностью и зависит от скорости движения поездов, длины блокучастков и расстояний между станциями.

Максимально допустимая скорость не должна быть выше заданной ни в одной точке перегона. Для осуществления этого условия устанавливаются путевые и поездные устройства, которые, получив информацию с путевых устройств, обеспечивают торможение.

Автоматические устройства осуществляют также функциональный контроль за работой оборудования, его исправностью и передают данные в центр управления для принятия решения о дальнейшем порядке движения или изъятия вагона из поезда для устранения неисправностей.

Автоматические устройства осуществляют не только контроль о следовании поезда, но и передают в центр управления данные о фактическом выполнении заданного графика движения. Постоянное, автоматическое сравнение запрограммированной и фактической ситуаций движения осуществляется ЭВМ, которая принимает решения и передает на поезд требования об изменении того или иного параметра движения.

В последние годы широкое распространение находит система полностью автоматического движения без машиниста. При этом диспетчер центрального пункта управления участка следит за посадкой и высадкой пассажиров, за ситуацией в вестибюлях,

на эскалаторах и перронах станций с помощью телевидения, вмешивается, если это необходимо, в процессы движения поездов.

В Советском Союзе на Ленинградском, Харьковском и некоторых участках Киевского метрополитена внедрена система автоведения, которая позволяет обеспечить движение поезда и перестановку составов для обратного движения без машинистов. Это позволило сократить помощников машинистов, временно оставив машинистов для наблюдения за работой автоматических устройств.

Централизованная система диспетчеризации включает в себя ряд телекамер, установленных на станциях, которые передают информацию в диспетчерский центр. При подходе поезда к станции автоматически включается дисплей и подается сигнал приближения поезда диспетчеру или дежурному по станции.

Для каждой станции запрограммировано время стоянки поезда на платформе. Оно может меняться в зависимости от времени суток и времени года. В обычных условиях двери вагонов закрываются автоматически по окончании времени стоянки, диспетчер нажимает кнопку отправления в центре управления, поезд отправляется автоматически.

В необычных условиях, например при увеличении пассажиропотока и времени стоянки, у диспетчера есть возможность отключить автоматические устройства и непосредственно руководить движением поездов.

Для обеспечения безопасности движения в конце каждой платформы установлен ряд световых сигналов, которые включаются при приближении поезда к станции и при его готовности к отправлению. Кроме того, в вагонах непосредственно перед закрытием дверей передаются соответствующие объявления.

Одним из важных элементов системы полной автоматизации является диагностика неисправностей и контроль за техническим состоянием подвижного состава. Информация о техническом состоянии вагонов постоянно поступает в центр управления по индуктивному кабелю. Таким образом, о любой неисправности сразу становится известно дежурному персоналу в центре управления, и здесь решается вопрос о снятии неисправного состава с маршрута.

Предполагается, что в будущем причины неисправностей будут определяться автоматически поездными устройствами и будут устраняться без снятия состава с маршрута — все необходимое для этого будет установлено на каждом вагоне. Таким образом появится возможность устранения повреждений без остановки движения.

Вопросы внедрения новейших средств автоматизации движения поездов это одно из главных направлений модернизации и реконструкции метрополитенов.

**Новая техника и технологии работы Ленинградского метрополитена.** Длина линий Ленинградского метрополитена в двухпутном



исчислении составляет 81,5 км, число станций — 48. Удельный вес в общегородских перевозках достиг 25%. Ежесуточные перевозки в отдельные дни превышают 2,5 млн. человек. Максимальные размеры движения 38 пар поездов в час. Средняя техническая скорость 46,5 км/ч, участковая скорость 40,8 км/ч. Напряженность перевозок более 10,8 млн. пассажиров на 1 км в год.

Усилиями коллектива метрополитена в тесном содружестве с проектно-изыскательскими институтами Гипротрансигналсвязь и Ленметрогипротранс внедрен ряд автоматизированных систем управления технологическими процессами.

Применение системы автоуправления поездами дало значительный эффект. Производительность труда локомотивных бригад повысилась почти в два раза за счет высвобождения помощников машинистов. На 2,5% сократилось время следования поездов по участкам.

Расчеты показывают, что это снизило затраты времени для поездки пассажиров и дало экономию общественно полезного времени, равного 0,53 условных рабочих дня на 1000 пассажиров. За счет более стабильного выполнения оптимальных по тяге режимов движения поездов уменьшился расход электроэнергии на 2,5%. Снижена также себестоимость перевозок на 2—3%. Повышена на 2—3% степень использования подвижного состава в эксплуатации.

Система автоуправления обеспечивает высокую точность проследования поездов по графику в пределах  $\pm 5$  с на всем пути следования поездов, сокращение времени хода и, следовательно, увеличение пропускной способности (по сравнению с ручным управлением) на станциях на 2,5% и в оборотных тупиках на 7,5%. Внедрение этой системы только на Ленинградском метрополитене позволило высвободить 600 помощников машинистов.

Устройствами автоматического управления движением поездов оборудованы в 1971 г. Московско-Петроградская, Невско-Василеостровская линии. Комплексная система автоматического управления движением поездов (КСАУП) введена также на Кировско-Выборгской линии. Эта система включает средства автоведения и устройства АЛС-АРС.

В последние годы на Невско-Василеостровской и Московско-Петроградской линиях выполнены работы по реконструкции устройств СЦБ с оборудованием этих линий системой автоматического регулирования скорости (АРС) и усилением энергоснабжения, что дало возможность довести пропускную способность этих участков до 44 пар поездов в час. Повышенная надежность и, следовательно, бесперебойность движения поездов обеспечивается благодаря применению на подвижном составе специальной схемы резервного управления.

В целях повышения оперативности руководства движением поездов и для создания лучших условий управления поездами одним машинистом на метрополитене разработана и внедрена на всех участках система поездной радиосвязи с применением двухпроводного волновода и типовых радиостанций ЖР-3М и 43 РСТ 2А ЧМ. Такая система радиосвязи позволяет обеспечить надежную постоянную связь поездных диспетчеров с машинистами при следовании в тоннелях.

Новая система поездной радиосвязи позволяет также при необходимости устанавливать связь машиниста-инструктора, находящегося на станции, с машинистами поездов.

Установка двухпрограммных автоматических поездных радиопередатчиков позволяет без участия машинистов осуществлять оповещение пассажиров в пути следования о маршруте и порядке следования поезда.

Все линии метрополитена оснащены также диспетчерской централизацией. Станции с путевым развитием оборудованы средствами маршрутно-релейной централизации, которая позволяет осуществлять автоматический оборот составов. Для слежения за управляемыми объектами и участками пути на перегонах система диспетчерской централизации дополнена устройствами диспетчерского контроля.

На станциях для повышенной точности выполнения графика движения поездов разработана и внедрена автоматизированная система информации, оповещающая машинистов об отклонении от графика.

На ряде линий установлены устройства автоматического обнаружения нагрева роликовых букс подвижного состава ПОНАБ-3 с устройством, передающим информацию о состоянии вагонов в поезде непосредственно поездному диспетчеру.

Для улучшения организации пассажироперевозок широко внедряется промышленное телевидение. Установками протелевидения уже оборудованы станции Московско-Петроградской линии, крупный пересадочный узел Невский проспект — Гостиный двор и ряд других линий. Телевидение позволяет поездному и эскалаторному диспетчерам вести наблюдение за пассажирами на эскалаторах, в вестибюлях и на платформах.

В настоящее время на метрополитене наряду с централизованной диспетчерской системой теленаблюдения (ЦДП-линия) внедряется станционная система теленаблюдения с организацией на станции командного пункта, на который возложены функции управления работой всей станции (СУРСТ). Оператор командного пункта имеет возможность управлять пассажиропотоками на станции, осуществлять остановку и пуск эскалаторов, контролировать вход поезда на станцию, снимать напряжение с контактного рельса на станционных путях, использовать громкоговорящее оповещение, выполнять ряд других управленческих операций. Системой СУРСТ уже оборудован ряд станций метрополитена.

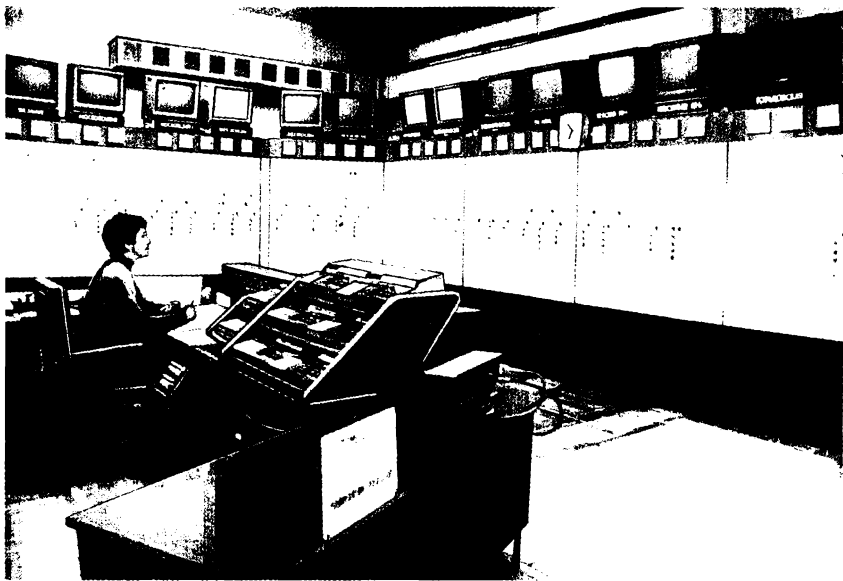


Рис. 34. Диспетчерский пункт управления эскалаторами

Важным этапом в развитии устройств автоматики по движению поездов явилось внедрение на Ленинградском метрополитене по опыту Московского метрополитена централизованного размещения аппаратуры на станциях. Вынос аппаратуры из тоннеля, имеющего ограниченные габариты, и размещение ее на станциях в релейном помещении на стивах значительно улучшает условия обслуживания устройств. Создается качественно новая прогрессивная технология эксплуатационного содержания устройств, повышается оперативность при устранении возникающих неисправностей, сокращаются до минимума работы, проводимые непосредственно в тоннеле.

На всех эскалаторных станциях эксплуатируется система автоматического и дистанционного управления группами эскалаторов (рис. 34). Она дала возможность автоматизировать процессы пуска, остановки и реверсирования эскалаторов, повысить культуру обслуживания пассажиров за счет более оперативного переключения эскалаторов при изменении пассажиропотоков и пуска их при вынужденных остановках, улучшить условия работы дежурного персонала в машинных залах эскалаторных станций (сократив ночные смены и предоставив общевыходные и праздничные дни отдыха), обеспечить переход на новую технологию текущего обслуживания эскалаторов специализированными бригадами. Экономический эффект от внедрения системы из расчета на одну станцию 4,5 тыс. рублей. С внедрением автоматического и дистанционного управления эскалаторами появилась

возможность ликвидировать постоянное дежурство обслуживающего персонала в машинных залах. Успешная эксплуатация эскалаторных станций, переведенных на автоматическое и дистанционное управление, облегчила условия перехода к централизованной системе телеуправления эскалаторами с применением промышленного телевидения.

С целью повышения устойчивости в работе устройств электропитания все тяговые подстанции переведены на телеуправление с применением системы телемеханики типа ВРТФ. Это дало возможность высвободить более 100 чел. обслуживающего персонала и получить экономию 150 тыс. рублей в год.

На тяговых подстанциях внедрены кремниевые выпрямительные агрегаты, что также значительно повысило надежность работы устройств электропитания. За счет сокращения потерь энергии, модернизации охлаждения оборудования и увеличения межремонтных сроков работы оборудования получен годовой экономический эффект около 50 тыс. рублей.

Выполнены работы по телемеханизации короткозамыкателей контактной сети, что позволило увеличить ночное «окно» для ремонтных работ и повысить уровень производительности труда работников, занятых профилактическим ремонтом.

Для централизованного управления санитарно-техническим оборудованием и контроля за его работой на Ленинградском метрополитене осуществлена телемеханизация устройств сантехники. Применение устройств автоматики и телемеханики для управления и контроля за работой сантехустройств дало возможность повысить оперативность переключения агрегатов тоннельной вентиляции, улучшить контроль за их работой, а также улучшить условия работы дежурного персонала при переключении режимов работы установок, высвободить значительное количество ремонтников.

Осуществляется разработка и внедрение приборных средств системы автоматического контроля и регулирования микроклимата. Приборы контроля за микроклиматом дают возможность передавать на центральный пост данные об относительной влажности, скорости движения воздуха и его запыленности, а также о ряде других микроклиматических параметров после установки необходимых датчиков. В дальнейшем средства автоматического контроля, в сочетании с системой телемеханики, составят основу автоматизированной системы управления санитарно-техническими устройствами метрополитена.

На всех линиях метрополитена внедрена информационно-измерительная система учета и контроля электроэнергии (ИИСЭ-2), которая обеспечивает непрерывное круглосуточное автоматическое снятие показателей со счетчиков подстанций и суммирование полученных данных. Годовые трудозатраты за счет этого сокращены на 50 тыс. рублей. Эти данные обрабатываются на управляющем вычислительном комплексе АСВТ М-6000, который

фиксирует показатели расхода электроэнергии на тягу поездов и другие производственные нужды на каждой линии и по каждому предприятию метрополитена.

В 1981 г. на Ленинградском метрополитене создан вычислительный центр, в задачу которого входят разработка и внедрение автоматизированных систем управления технологическими процессами и производством.

Вычислительный центр осуществляет выбор оптимальных режимов вождения поездов на основе тяговых расчетов и оптимизации распределения времени хода по расходу электроэнергии, выполняет комплекс задач по бухгалтерскому учету (учет труда и зарплаты, учет основных средств, ежегодный кассовый отчет метрополитенов, учет материальных ценностей) и решает комплекс задач, связанных с материально-техническим снабжением (обеспечивает прием, отпуск и распределение грузов, учет наличия, хранение материальных ценностей на центральном складе метрополитена, оформление бухгалтерских и учетных документов).

В вычислительном центре метрополитена освоена обработка данных, поступающих от линейных информационно-телеметрических станций (ЛИТС), установленных на Московско-Петроградской линии, что дает возможность автоматически получать достоверные данные о температурном режиме за любой период.

Для влажной уборки (промывки) тоннеля, стен станций и путевого бетона сконструированы промывочные агрегаты. За время ночного «окна» такой агрегат промывает 5 км тоннеля. Он также используется для уничтожения растительности на парковых путях.

Для ликвидации течей грунтовых вод через обделку тоннелей создана специализированная бригада, которой придан хозяйственный поезд, состоящий из платформ, оснащенных разновысокими подмостками, компрессором К-75, растворонасосами С-251, емкостями для цемента и приготовления растворов, а также другим необходимым оборудованием и инструментом. Бригада осуществляет работы по нагнетанию цементных растворов за обделку с различными добавками.

Для промывки путевых стен создан специальный самоходный агрегат на базе автодрезины. Промывка осуществляется эмульсией и водой с помощью вращающихся цилиндрических щеток. Производительность агрегата — две боковые станционные стены за ночное «окно».

Для полировки вертикальных мраморных поверхностей облицовки станций и вестибюлей сконструирован станок, обеспечивающий значительное повышение производительности труда рабочих.

Для механизации вывозки мусора из тоннелей применена автодрезина с краном, с помощью которого контейнеры с мусором, находящиеся на станциях и перегонах, разгружаются в емкость, установленную на площадке дрезины.

В целях механизации трудоемких работ по проверке пути сконструированы специальные вагоны: скоростной вагон-путеизмеритель и вагон-дефектоскоп. Вагон-путеизмеритель оборудован устройствами для измерения и автоматической записи путевых параметров: ширины рельсовой колеи, взаимного положения головок рельсов, положения правой и левой рельсовых нитей в плане, их местных просадок. Максимальная скорость движения вагона — 75 км/ч. Использование вагона-путеизмерителя устраняет ручной труд по проверке путей, повышает условия безопасности движения поездов.

Вагон-дефектоскоп предназначен для диагностики путевых рельсов ультразвуковым методом. Результаты контроля на специальной ленте регистрируются быстродействующим самопишущим прибором. Скорость движения вагона по участку — до 60 км/ч.

Обработка данных ультразвукового контроля рельсов вагоном-дефектоскопом осуществляется с помощью ЭВМ. Это повышает достоверность результатов контроля, сокращает сроки выдачи решений, создает возможность использовать данные проверки рельсов в АСУ.

Для перевозки хозяйственных грузов и материалов на линиях с уклонами до 60%, а также для выполнения маневровых передвижений в депо и на парковых путях на метрополитене на базе вагонов типа Д созданы и успешно эксплуатируются контактно-аккумуляторные электровозы (вместо дизельных), что улучшает микроклимат в тоннеле.

На Ленинградском метрополитене внедрен комплексный метод замены аппаратуры СЦБ и автоведения по поточному циклу, начиная от ремонта аппаратуры в мастерских и кончая ее доставкой и установкой. Такая технология позволила повысить производительность труда обслуживающего персонала на 10% и получить значительную экономию средств.

Все участки, обслуживающие устройства СЦБ, переведены на гарантийный метод содержания приборов, который предусматривает выполнение всего комплекса ремонтно-ревизионных работ устройств автоблокировки. Затем они передаются на обслуживание старшему электромеханику с гарантией безотказной работы в течение шести месяцев. По окончании гарантийного срока цикл ревизионных и ремонтных работ повторяется. Годовой экономический эффект от внедрения гарантийного метода обслуживания в хозяйстве сигнализации и связи оценивается снижением затрат труда на 1000 чел-ч.

Значительная работа по внедрению передовых приемов труда проводится в путевом хозяйстве. Усовершенствован технологический процесс обслуживания устройств пути, контактного рельса, стрелочных переводов. Проведено совмещение труда обходчика пути, стрелочников и тоннельных рабочих по уборке пути на станциях, внедрены новейшие механизмы, облегчающие их работу.

Внедрение этих мер повысило производительность труда стрелочников и тоннельных рабочих более чем на 30%.

В целях повышения роли диспетчерского аппарата, операторов и других эксплуатационных работников в улучшении качества перевозочного процесса, организованы линейные единые диспетчерские смены, куда входят: поездной диспетчер, дежурный по станции, дежурный по блоку, диспетчеры служб — электро-механической и сетей и эскалаторной, а также сменные инженеры вычислительного центра по автоведению. Оперативным руководителем единой диспетчерской смены каждой линии является старший поездной диспетчер. Это позволяет эксплуатационным работникам служб и подразделений, входящих в единую смену, более четко взаимодействовать в вопросах выполнения графика движения поездов, улучшения культуры обслуживания пассажиров и повышения надежности работы технических средств.

Положительно сказалось на улучшении содержания вагонов применение службой подвижного состава нестандартизированных средств технической диагностики. Лабораторией автоматического управления поездами разработано и внедрено свыше 20 различных диагностических устройств. Важнейшими из них являются:

- унифицированный контрольно-измерительный прибор для комплексной проверки и настройки поездной аппаратуры автоведения, КСАУП, АРС;

- автоматизированный стенд по проверке блоков формирования команд, значительно сокративший время проверки и отыскания неисправностей;

- стенды для проверки и настройки аппаратуры АРС, позволявшие проводить профилактический ремонт аппаратуры меньшим числом специалистов;

- автоматизированные стенды для проверки правильности монтажа межвагонных проводок и состояния их изоляции.

Разработаны конструкции серии стендов для диагностирования поездной унифицированной аппаратуры автоведения на основе микропроцессорной техники.

Основным мероприятием по дальнейшему совершенствованию средств диагностики подвижного состава и технического состояния путевых устройств АРС и автоведения явилось создание диагностического вагона-лаборатории. Это позволило систематически проводить измерения электрических параметров и контролировать работу напольных устройств автоведения, АРС и радиосвязи, исследовать взаимосвязь в работе этих устройств и причины помех, возникающих от внешних условий.

Широкое внедрение достижений науки и техники, передового производственного опыта, комплексное развитие социалистического соревнования, укрепление трудовой, технологической и исполнительской дисциплины способствовали повышению эффективности и качества труда тружеников метрополитена.

Несмотря на рост объема перевозок и увеличение размеров движения поездов численность эксплуатационного персонала на 1 км трассы постоянно снижается.

Так, за 15 лет объем перевозок возрос с 418 млн. в 1970 г. до 821 млн. пассажиров в 1985 г., а численность эксплуатационного персонала, приходящегося на 1 км линии, снизилась за этот период со 122 до 95 человек.

**Новая техника Киевского метрополитена.** Первый участок Киевского метрополитена Святошино-Броварская линия протяженностью 5,2 км с пятью станциями введен в эксплуатацию 6 ноября 1960 г. Сейчас метрополитен имеет две действующие линии протяженностью 32,7 км (в двухпутном исчислении), 27 станций и один пересадочный узел со станции Крещатик на станцию Площадь Жовтневої революції.

Годовая перевозка пассажиров в 1961 г. составила 29,2 млн., а в 1985 г.— около 370 млн. пассажиров. Среднесуточные перевозки пассажиров в 1961 г. составляли 79,9 тыс. чел., в 1985 г.— уже более 1 млн. человек. Удельный вес метрополитена в перевозках пассажиров городскими видами транспорта составлял в 1961 г. 5,2%, в 1985 г.— 23,3%.

В 1986 г. максимальные размеры движения составляли на Святошино-Броварской линии —40 пар поездов в час (проектная пропускная способность 38 пар поездов в час), на Куреневско-Красноармейской линии —32 пары поездов в час (проектная пропускная способность —34 пары поездов в час). На обеих линиях обращаются пятивагонные составы, т. е. станции по своей длине используют на полную проектную мощность. Средняя населенность вагона составляет 67,7 чел., техническая скорость — 46,4 км/ч, участковая —40,2 км/ч.

Инвентарный парк состоит из вагонов типа Е и их модификаций — вагонов типа 81-717, 81-714.

Метрополитен имеет одно вагонное депо Дарница. В стадии строительства находится второе вагонное депо Оболонь. База ремонта вагонов принята в эксплуатацию в 1984 г. и выполняет необходимый капитальный ремонт и текущий ремонт третьего объема. На станциях метрополитена в настоящее время действует 60 эскалаторов разных типов, общей длиной лестничного полотна более 10 километров.

Все станции оборудованы автоконтрольными пунктами, мониторазменными автоматами, типовыми световыми указателями и пиктограммами, на станциях задействовано централизованное и местное громкоговорящее оповещение, часть станций оснащена переносными радиомикрофонами. Информация дается на русском и украинском языках.

Линии метрополитена оборудованы автоблокировкой и диспетчерской централизацией стрелок и сигналов. Станции с путевым развитием и путевые устройства электродепо оборудованы также



устройствами маршрутно-релейной централизации. Совмещенные тягово-понижительные подстанции работают на телеуправлении.

На метрополитене проводится целенаправленная работа по повышению содержания технических средств и улучшения качества перевозочного процесса на основе внедрения новейших достижений науки и техники. Главная направленность этих работ — дальнейшее повышение производительности труда за счет высвобождения обслуживающего персонала, сокращение эксплуатационных расходов, планомерный рост культуры обслуживания населения и на основе этого повышение эффективности работы метрополитена. Примерами внедрения новейших достижений науки и техники являются:

перевод эскалаторов и санитарно-технических устройств на телеуправление с центральных диспетчерских пунктов;

внедрение на линиях метрополитена системы АРС, позволяющей машинистам водить поезда без помощников;

оборудование станций устройствами автоматики и телемеханики для движения поездов (АТДП) с централизованным размещением оборудования на станциях;

оборудование эскалаторных станций устройствами автоматического контроля тормозных путей;

внедрение автоматизированной системы учета расхода электроэнергии ИИСЭ-2 и телеуправляемых замыкателей контактной сети (с применением в качестве привода линейных электродвигателей), позволившее увеличить ночное «окно» и повысить производительность труда ночных смен на 12%;

внедрение современной системы анализа пассажиропотоков, производимого по данным оперативного учета с помощью весоизмерительного устройства, позволяющего измерять и регистрировать населенность поезда в процессе движения, и комплексов устройств по учету числа пассажиров на станциях;

внедрение новой методики составления месячных графиков работы локомотивных бригад с помощью ЭВМ, позволяющей улучшить использование рабочего времени машинистов и снизить количество сверхурочных работ;

оборудование центрального пересадочного узла ст. Крещатик — ст. Площадь Жвонтовой революции системой телеобзора на базе телеустановок ПТУ-57;

оборудование станции Университет (впервые на метрополитенах СССР) системой управления работой станции с операторского пункта с применением телевидения.

Кроме того, завершены работы по вводу в эксплуатацию на Святошино-Броварской линии автоматизированной системы управления и обслуживания санитарно-технических устройств на базе микроЭВМ и системы телемеханики. В последующие годы пятилетки будут выполнены работы по внедрению АСУ-ТП санитарно-технических устройств Куреневско-Красноармейской линии и всего эскалаторного хозяйства.

Ведутся также работы по оборудованию Святошино-Броварской линии системой автоматизированного контроля за допуском работников в тоннель после снятия напряжения, что позволит увеличить протяженность ночного «окна» для ремонтных и профилактических работ.

Коллектив метрополитена постоянно работает над решением вопросов наращивания пропускной способности линий. Завершены работы по внедрению системы резервирования АРС (внедрению дублирующего автономного устройства ДАУ-АРС) на Святошино-Броварской линии, что позволит перейти на использование системы АРС в качестве основного средства организации движения с выключенными светофорами и автостопами автоблокировки, что повысит пропускную способность линии с 40 до 48 пар поездов в час.

Работниками метрополитена разработана и внедрена схема кратковременного отключения системы противоскатывания при трогании поезда с места на Святошино-Броварской линии, что позволяет экономить в год более 1 млн. кВт·ч электроэнергии.

Проведение комплекса мер по повышению производительности труда и эффективности работы позволило снизить за годы одиннадцатой пятилетки численность эксплуатационных работников до 90 человек на 1 км линии, что является лучшим показателем для метрополитенов страны, обеспечить бездотационную работу метрополитена и получить прибыль по перевозкам.

## **§ 55. Промышленное телевидение, телеуправление и связь**

На метрополитенах в связи с постоянным развитием сети и увеличением протяженности линий неуклонно возрастают пассажиропотоки, что требует усиления контроля за работой эскалаторных наклонов, автоматических контрольных пунктов, более оперативного управления пассажиропотоками на станциях.

Решение этих вопросов облегчается применением на метрополитенах промышленных телевизионных систем. Задачи, решаемые с помощью телевизионных систем, можно условно разделить на три группы:

- повышение безопасности пассажиров;
- оперативное управление пассажиропотоками;
- обеспечение пассажиров необходимой информацией.

На метрополитенах мира применяются телевизионные системы как для решения отдельных вышеперечисленных задач, так и выполнения многоцелевых программ.

На наших метрополитенах широкое применение нашли многоцелевые телевизионные системы. Учеными транспорта в содружестве со специалистами метрополитенов проработаны возможности использования промышленного телевидения в системе управления работой станции.

Применение телевидения позволяет создать систему централизованного управления технологическим процессом станции, обеспечивающую контроль за распределением пассажиропотоков, перемещением пассажиров на входных и выходных площадках эскалаторов, соблюдением режима прохода работников метрополитена в тоннель и подплатформенные помещения.

На основании поступающей видеоконтрольной информации система обеспечивает:

- оперативное управление эскалаторами;

- экстренное закрытие выходных светофоров при необходимости задержки поезда на станции;

- экстренное закрытие входных светофоров при необходимости снятия напряжения с контактного рельса на станции;

- управление электрозамками дверей прохода в тоннель;

- управление освещением станций, вестибюлей, аварийным и рабочим освещением тоннелей.

Таким образом, визуальный телеконтроль за положением дел на станции дает возможность дежурному диспетчеру станции принимать необходимые оперативные решения в создавшейся ситуации. Телевидение позволяет сконцентрировать управление всеми техническими средствами станции в одном месте, производительнее использовать рабочее время персонала при выполнении им технологических операций. Рабочее место диспетчера станции, кроме того, оборудовано всеми необходимыми средствами оперативно-технологической телевизионной связи.

Киевский метрополитен в 1985 г. внедрил такую систему на станции Университет с использованием телевизионного оборудования производства, поставленного из ВНР.

На Ленинградском метрополитене станции Московские ворота и Петроградская оборудованы отечественными телеустановками типа ПТУ-61, ПТУ-43. Ведутся работы по внедрению промышленного телевидения на Московском, Харьковском, Тбилисском метрополитенах.

Внедрение системы управления работой станций с применением промышленного телевидения позволяет сократить такую непрестижную профессию, как дежурный по эскалатору, вся работа которого сводится к наблюдению за перевозкой пассажиров по эскалаторам и в отдельных случаях к пуску и остановке эскалаторов.

Следующим этапом в развитии систем управления пассажиропотоками на станциях с применением телевидения является передача видеозображения от диспетчера станции на диспетчерский пункт управления линией. Такая работа проводится на Московско-Петроградской линии Ленинградского метрополитена. Выбор станции и объектов наблюдения осуществляется диспетчером линии. Таким образом создаются благоприятные условия для принятия оперативных решений не только в пределах отдельных станций, но и в пределах целой линии.

Приняты решения по широкому внедрению систем управления станций с применением промышленного телевидения. В двенадцатой пятилетке такими системами будет оборудовано около 50% станций метрополитенов.

Широкое применение в оперативном управлении электрифицированными участками нашла система телемеханики. С помощью этой системы энергодиспетчер осуществляет оперативное автоматическое регулирование работой тяговых подстанций, постов секционирования и разъединителей контактной сети, линий энергообеспечения и линий электроснабжения устройств СЦБ, связи и автоматики. Телеуправление в значительной степени облегчает работу эксплуатационного персонала, сокращает до минимума время на включение и отключение энергоустройств, что позволяет повысить производительность труда и пропускную способность линий.

Аппаратура телемеханических устройств имеет основой транзисторные, логические и функциональные элементы. Сама система состоит из подсистем с временным и частотным разделением сигналов. В состав аппаратуры входят устройства сигнализации, управления, телеизмерения, аппаратура каналов связи с усилителями, регистрирующая аппаратура, диспетчерское табло с пультом-манипулятором.

Важное место в системе организации движения поездов на метрополитенах отводится устройствам, обеспечивающим оперативную связь работников, связанных с движением поездов.

Основные виды технологической связи на метрополитенах строятся по диспетчерскому принципу, при котором диспетчеры различных служб постоянно поддерживают связь с эксплуатационным персоналом. К таким видам технологической связи относятся поездная диспетчерская, электродиспетчерская, эскалаторная, санитарно-техническая.

Поездной диспетчерской связью оборудуют каждую линию для переговоров между поездным диспетчером и дежурными по станциям, дежурными по постам электрической централизации, бригадирами и операторами пунктов технического осмотра подвижного состава, дежурными по электродепо. Промежуточные пункты электродиспетчерской связи установлены на тяговых подстанциях, в помещениях дежурных по депо. Санитарно-техническая и эскалаторная виды связи строятся из условия управления одним диспетчером несколькими линиями. Промежуточные пункты связи размещаются в камерах тоннельной вентиляции, в насосных и водоотливных установках на перегонах между станциями, в машинных помещениях эскалаторов. Для технологической связи применяется аппаратура с тональным избирательным вызовом.

Все линии метрополитенов оборудуются поездной радиосвязью, которая позволяет поездному диспетчеру оперативно вызвать локомотивную бригаду любого поезда, а локомотивной

бригаде вызвать поездного диспетчера с любой точки линии. Для организации радиосвязи используется волновод, проложенный вдоль линии, и радиостанции, применяемые на железнодорожном транспорте. Для записи и фиксации по времени всех переговоров диспетчеров с эксплуатационным персоналом используется аппаратура магнитной звукозаписи совместно с измерителем времени.

Работники, находящиеся в тоннеле, могут связаться с диспетчером по тоннельной технологической связи с помощью телефонных аппаратов, установленных вдоль линии через каждые 150—200 м, а также в торцах станций. Поездной диспетчер со своей стороны может вызвать любого работника, находящегося в тоннеле, к аппарату тоннельной связи.

Связь работников метрополитенов между собой осуществляется по административно-хозяйственной связи с помощью автоматических телефонных станций.

Станции оснащаются местными видами связи: стрелочной, эскалаторной и другими с использованием коммутаторов, которые устанавливаются в помещениях дежурных по постам электрической централизации, дежурных по станции, и обеспечивают связь между техническим персоналом на станциях и в электродепо. Постоянное увеличение объема пассажироперевозок потребовало решения задач улучшения регулирования пассажиропотоков, усиления контроля за работой контрольно-пропускных пунктов, эскалаторных наклонов, наблюдения за пассажирами на платформах. Эти задачи решаются с помощью устройств теленаблюдения.

В настоящее время на метрополитенах находит применение система управления работой станции (СУРСТ) с применением теленаблюдения.

Система СУРСТ включает в себя технические решения и устройства, которые позволяют с операторского пульта станционного диспетчера осуществлять непрерывный контроль за состоянием пассажиропотоков в зоне автоматических контрольных пунктов, верхней и нижней площадок эскалаторов, пассажирских платформ 1-го и 2-го путей и распределительного зала станции. Операторский пульт станционного диспетчера оснащен связью с поездным диспетчером, электродиспетчером, эскалаторным диспетчером, телефонами местной и административно-хозяйственной связи, а также устройством громкоговорящего оповещения по станции. Система СУРСТ позволяет управлять: приборами СЦБ, перекрывающими входные и выходные светофоры по каждому из путей, устройствами экстренного снятия напряжения с контактного рельса станционных путей при возникновении непредвиденных ситуаций. С пульта станционного диспетчера осуществляется дистанционное управление основным и дополнительным освещением тоннелей, а также управление устройствами контроля прохода в тоннель (УКПТ).

При возникновении аварийной ситуации на эскалаторе станционный диспетчер может остановить его и включить после разрешения эскалаторного диспетчера.

Четкому выполнению графика движения поездов способствует система единого времени. В торцах станций над путями по ходу движения поезда установлены электронные табло с 5-секундным отсчетом времени и счетчиками межпоездного интервала. Точность единого времени на метрополитенах обеспечивается Центральной электрочасовой станцией, которая формирует и посылает на станционные устройства 1-секундные, 5-секундные и 1-минутные импульсы.

На Центральной электрочасовой станции установлены первичные кварцевые часы 1-го класса точности, которые выполнены на современной элементной базе. В настоящее время начат выпуск новых комплектов часов, которые выполнены на газоразрядных индикаторах и интегральных микросхемах, что значительно увеличивает их наработку на отказ.

Для автоматизации контроля оплаты проезда и регулирования пассажиропотоков на станциях применяются устройства пассажирской автоматики, выпускаемые Опытным электромеханическим заводом Московского метрополитена. Автоматические контрольные пункты устанавливаются в вестибюлях станций метрополитенов по входу и выходу пассажиров и предназначаются для предотвращения прохода на метрополитен без оплаты. Для размена монет достоинством 10, 15 и 20 коп. на станциях устанавливаются монеторазменные автоматы.

Для облегчения труда работников касс на метрополитенах нашли широкое применение машины для счета монет. Применяются механические счетные машины и машины счета монет с электронно-счетным устройством.

Устройства пассажирской автоматики постоянно модернизируются. Разработан унифицированный автоматический контрольный пункт, работающий в обоих направлениях и выполняющий функции контроля как по входу, так и по выходу пассажиров. Ведутся разработки автоматического контрольного пункта с кодированным магнитным проездным билетом, что позволит упростить систему оплаты проезда на метрополитенах.

## **§ 56. Повышение надежности подвижного состава и эскалаторов**

Одной из важнейших задач эксплуатационной деятельности метрополитенов является организация надежной и бесперебойной работы всех технических устройств и установок, прежде всего метровагонного подвижного состава и эскалаторов, а также укрепления ремонтной базы для их содержания. С этой целью Ми-

нистерством путей сообщения утверждены новые межремонтные пробеги вагонов метрополитена и нормы содержания эскалаторов.

На основе длительного опыта эксплуатации подвижного состава предусмотрено увеличение межремонтного пробега вагонов типа Е и их модификаций между капитальными видами КР-1 с 700 до 1050 тыс. км и КР-2 с 2800 до 3150 тыс. км. При этом после выполнения капитального ремонта вагонов при пробеге 700 тыс. км они подвергаются текущему ремонту ТР-3 второго объема, который отличается от существовавшего ранее текущего ремонта ТР-3 первого объема некоторыми дополнительными работами.

На сегодняшний день на метрополитенах страны эксплуатируется более 700 эскалаторов 27 различных типов и модификаций.

Типы эскалаторов различаются между собой высотой подъема и конструкцией основных узлов привода, главного вала, направляющих ходового полотна, поручневого устройства, натяжной станции, схемой электропривода. Угол наклона эскалатора к горизонту составляет 30°. Выбор такого угла наклона вызван тем, что в этом случае обеспечивается наиболее рациональное соотношение размеров ступени определенной высоты и глубины (площадки). Высота эскалаторов по вертикали зависит от глубины заложения станций. Наибольшая высота 65 м. В связи с тем что изготовить эскалатор для такой высоты подъема очень сложно, на станциях глубокого заложения устанавливают эскалаторы каскадные, меньшей высоты. Примером такого расположения эскалаторов могут служить станции Красные ворота и Таганская Московского метрополитена.

Ресурс работы эскалаторов характеризуется количеством километров пробега и количеством часов работы в год. Анализ данных о работе эскалаторов показывает, что интенсивность их использования постоянно увеличивается.

Начиная с 1978 г. на станциях метрополитенов устанавливаются эскалаторы новой серии ЭТ (эскалатор тоннельный), спроектированные и изготовленные Ленинградским производственным объединением «Ленподъемтрансмаш».

Межведомственной комиссией осуществлена приемка модернизированного эскалатора тоннельного типа ЭТ-5М, установленного на станции Чертановская Московского метрополитена. Этот эскалатор имеет ряд конструктивных преимуществ по сравнению с существующими тоннельными эскалаторами типа ЭТ:

- привод эскалатора — одноредукторный на базе трехступенчатого цилиндрического редуктора с тихоходным главным валом;
- тормозное устройство выполнено на базе электромагнита КМТ;

- диаметры натяжной и тяговой звездочек увеличены с целью более плавного движения лестничного полотна;

- радиусы криволинейных участков трассы лестничного полотна увеличены с 3 до 4 м;

натяжное устройство лестничного полотна выполнено с пружинной натяжкой;

поручневое устройство снабжено двумя грузовыми натяжками, обеспечивающими плавное движение поручня;

трасса рабочей ветки поручня выполнена на основе латунных направляющих прямолинейных участков и на основе медных направляющих на криволинейных участках;

балюстрада выполнена на базе алюминиевых профилей из фанеры, оклеенной с двух сторон пластиком;

уменьшены габариты и масса эскалатора;

введена блокировка, исключая неправильные действия обслуживающего персонала при регулировке запаса хода якоря электромагнита;

исключена возможность неправильных действий обслуживающего персонала при работе с аварийным тормозом, предусмотрен и ряд других усовершенствований.

У эскалаторов типа ЭТ-5М скорость лестничного полотна составляет от 0,72 до 0,94 м/с в зависимости от высоты подъема эскалатора.

На метрополитенах страны продолжается дальнейшее оборудование эскалаторов устройствами автоматического пуска (АПЭ). В эксплуатации находится 137 эскалаторов, оборудованных указанным устройством, из которых: на Московском — 57, Ленинградском — 13, Киевском — 22, Тбилисском — 21, Бакинском — 9, Харьковском — 7, Ташкентском — 5 и Ереванском — 3.

На Московском метрополитене (станция Пушкинская) установлен и смонтирован следящий функциональный эскалаторный автомат (АСФЭ), который по сравнению с действующими АПЭ имеет ряд преимуществ: дистанционное управление, повышенную эксплуатационную надежность, автоматическое отключение эскалатора при падении пассажира в районе приемной площадки и др.

Как и любая машина, эскалатор в процессе реализации рабочей функции расходует свой ресурс, вследствие чего он нуждается в периодических технических обслуживаниях и ремонтах. Однако как объект технического обслуживания и ремонта эскалатор метрополитена обладает большой спецификой, заключающейся в следующем:

эскалатор вместе с пассажирским вагоном образует единую систему перемещения людских потоков под землей и по роли в этом процессе они равнозначны, так как отказ и вагона, и эскалатора парализует перевозочный процесс. Однако, если вагон можно быстро заменить исправным, то эскалатор убрать и заменить новым нельзя, так как он нуждается в ремонте на месте;

эскалатор — исключительно сложная и дорогостоящая машина, смонтированная и работающая в своеобразном помещении (наклонном глубоком колодце), в котором усложнено и затруднено проведение операций технического обслуживания и ремонта;



эскалатор является машиной, к которой предъявляются требования абсолютной безопасности для людей и высокой степени безотказности действия, так как несоблюдение этих требований может привести к большому социальному ущербу;

эскалатор метрополитена работает в меняющихся условиях внешней среды (колебание температуры, влажности, динамические нагрузки и др.), вследствие чего он характеризуется уменьшающейся со временем межремонтной наработкой.

Названные и другие специфические свойства эскалаторов требуют особого подхода к организации и технологии технического обслуживания и ремонта этих машин как применительно к единичной машине, так и в масштабе метрополитенов страны.

Повышение надежности эскалаторов позволило изменить периодичность ремонта в зависимости от величины пробега. При пробеге до 7500 км устанавливается вид периодического ремонта № 1, при пробеге до 15 тыс. км — № 2, при пробеге 45 тыс. км — № 3. Первый и второй виды ремонта осуществляются эксплуатационниками, третий вид ремонта производится на заводе.

Проведенные технические и организационные мероприятия позволили увеличить на некоторых метрополитенах межремонтные сроки работы; для ремонта № 2 до 30—35 тыс. км, а для ремонта № 3 до 60—65 тыс. км. Анализ работы эскалаторов с такими нормами пробега подтвердил правильность этого решения.

Перспективным является комплексное внедрение диагностических средств для постоянного контроля за состоянием эскалаторов во время работы. Это позволит более правильно осуществлять нормирование межремонтных сроков и определять степень износа деталей и необходимость их ремонта или замены.

Немаловажным фактором также является замена всех эскалаторов устаревших конструкций на новые и постоянное совершенствование основных узлов и деталей эскалаторов с целью повышения их надежности.

Основой надежной работы подвижного состава является своевременный профилактический и восстановительный ремонт. Подвижной состав метрополитенов в настоящее время ремонтируется с учетом новых норм межремонтных пробегов и ремонтных циклов, все капитальные ремонты выполняются по новой системе. При этом особенно большой эффект приносят поточные линии, такие, например, которые используют при ремонте вагонов и отдельных агрегатов в электродепо Дачное Ленинградского метрополитена.

На этом предприятии применяют крупноагрегатный метод ремонта. Операции на основных позициях специализированы по видам оборудования: электрического, механического и пневматического. Опыт электродепо Дачное применяют другие метрополитены и монтажные организации при создании вагоноремонтной базы метрополитенов.

Аналогичные поточные линии действуют на новой ремонтной базе вагонов в Киеве и в новых цехах завода по ремонту электроподвижного состава (ЗРЭПС) Московского метрополитена.

Увеличивающиеся размеры движения на метрополитенах, высокие требования к безопасности перевозок заставляют совершенствовать конструкцию и надежность подвижного состава. Созданные в конце 50-х годов вагоны типа Е уже не удовлетворяют темпам роста пассажироперевозок. В 1977—1980 гг. заводы промышленности перешли на выпуск более скоростных и вместительных вагонов типа 81-717, 81-714.

Опыт эксплуатации позволил выявить некоторые слабые узлы и осуществить модернизацию этих вагонов, позволившую повысить их надежность.

Для улучшения работы электрического оборудования начиная с 1984 г. на вагонах моделей 81-717 устанавливается оборудование под быстродействующую и дифференциальную защиту схемы включения тяговых двигателей. Одновременно на этих вагонах изменена низковольтная электрическая схема, благодаря чему повышена надежность ее элементов.

В целях дальнейшего повышения надежности моторвагонного подвижного состава на Московском метрополитене проводятся эксплуатационные испытания вагонов, оборудованных блоками питания собственных нужд с частотой напряжения 150 Гц, электроконтактными коробками междувагонного соединения, выполненными на базе штепсельных разъемов 7Р-52.

По предварительным результатам такие усовершенствования дают хороший эффект, часть из них уже внедрена заводами в серийное производство. Продолжаются испытания резинометаллической муфты, которая должна повысить надежность и износостойкость силового привода вагона.

В мероприятиях по улучшению конструкций вагонов метрополитена большое внимание уделено пожарной безопасности. Начиная с 1982 г. все выпускаемые и проходящие капитальный ремонт второго объема вагоны оборудуют трудносгораемым пластиком внутри салона. Кроме того, заводы промышленности полностью перешли на выпуск вагонов с металлическими ящиками для аккумуляторных батарей. Пускотормозные резисторы типа КФ-47-А8 заменяют на КФ-47А-11, допускающие повышенный нагрев. С 1984 г. поезда оборудуют тепловой защитой моторкомпрессора.

При совершенствовании конструкции подвижного состава метрополитена большое внимание уделяется улучшению условий труда машинистов. За годы серийного производства вагонов 81-717 изменилось расположение кнопок и выключателей, стеклоочистителей окон лобовой части кабины машиниста, улучшилась система раздачи воздуха от принудительной вентиляции.

Сейчас ведутся работы по расширению габаритов кабины машиниста и улучшению расположения поста управления поездом.

При серийном производстве вагонов постоянно совершенствуются схемы привязки электрических цепей к поездной аппаратуре автоматического управления поездами и автоматического регулирования скорости.

Для сбора и обработки информации о причинах отказов оборудования и выполнения мер, предупреждающих неисправность вагонов, несколько лет назад была создана Центральная лаборатория надежности и диагностики моторвагонного подвижного состава метрополитенов (ЦЛНД). Информацию о работе вагонов собирают в электродепо инженеры, которые по сообщениям локомотивных бригад, записям в ремонтных журналах, первичной статистической отчетности и бортовых журналах поездов собирают необходимый материал и ежемесячно направляют его ЦЛНД для анализа.

На основе анализа информации по отказам вагонного оборудования и вместе с электродепо проводятся испытания усовершенствованных узлов, по результатам которых вносятся изменения в их конструкцию. Так, заводом-изготовителем на вагонах моделей 81-717, 81-714 и ЕМ по предложению метрополитенов внедрено в серийное производство симметричное расположение якорей тяговых двигателей по отношению к обмоткам возбуждения. Это позволило при возникновении в тяговых двигателях второй группы круговых огней и перебросов уменьшить вероятность образования динамического удара в тяговом приводе вагонов.

На вагонах моделей 81-717 и 81-714 выпуска 1983 г. для улучшения условий работы линейного контактора ЛК-2 в цепь управления сбором силовой схемы введены его блок-контакты. В том же году для улучшения коммутационных процессов в мостовом переходе силовой схемы перед переходными (мостовыми) контакторами начали устанавливать кремниевые вентили.

Большинство изменений, вносимых в конструкцию вагонов при серийном изготовлении заводами, внедряется метрополитенами страны на уже эксплуатируемом парке моторвагонного подвижного состава. Большое внимание уделяется применению деталей из синтетических материалов в узлах, наиболее подверженных износу. Полиамид, например, используется в узлах рычажно-тормозной передачи, токоприемника и карданных валов.

Постоянный рост перевозок потребовал от завода создания более скоростного, экономичного и вместительного моторвагонного подвижного состава. В настоящее время на Московском метрополитене испытываются семь опытных вагонов И моделей 81-715, 81-716. На них за счет изменения формы кузова увеличена пассажироместимость, а применение алюминиевых сплавов снизило массу вагона более чем на 3 т.

В перспективе на вагонах метрополитена предполагается применение асинхронный тяговый привод, испытания которого проходят на Ленинградском метрополитене, блочное расположение пускорегулирующей аппаратуры, осуществлять управление поез-

дом при помощи кодовых сигналов и малогабаритного контроллера, внедрить пневматический тормоз с фиксированным давлением воздуха в тормозной магистрали.

При оценке надежности подвижного состава надо учитывать, что в процессе эксплуатации вагона его выходные параметры (относительно постоянные характеристики) изменяются в результате износа деталей и узлов, а также вследствие длительного воздействия внешней среды (температуры, влажности и запыленности воздуха). Необходимо иметь установленные пределы допускаемых изменений исходных параметров исходя из требований обеспечения безопасности движения, минимума эксплуатационных расходов при безусловном выполнении графика движения поездов.

Одним из важных свойств подвижного состава, от которого зависит его работоспособность, является способность сохранять в процессе эксплуатации значения выходных параметров в течение заданного промежутка времени в пределах допусков.

Выход параметров за пределы допуска является отказом. Но отказ по одному параметру или отказ отдельного узла не всегда означает отказ метровагона в целом.

Допустим, что метровагон состоит из  $n$  элементов, каждый из которых может находиться только в одном из двух состояний — работоспособном или неработоспособном. Тогда метровагон в целом может находиться в  $r$  состояниях, часть которых является состояниями работоспособности, другая часть — состояниями неработоспособности.

Состояние подвижного состава может быть описано функцией

$$x(t) = \begin{cases} 1, & \text{если метровагон работоспособен;} \\ 0, & \text{если метровагон не работоспособен.} \end{cases}$$

Результат работы метровагона может быть оценен с помощью функционала  $f[x(t)]$ , который является случайной величиной. В качестве количественной оценки результатов эксплуатации метровагона можно принять математическое ожидание этого функционала:

$$M = M[f[x(t)]].$$

Таким образом, для количественной оценки результатов эксплуатации необходимо знать функционал  $f[x(t)]$ , который отражает предъявляемые в процессе эксплуатации требования к метровагону, соответствие его показателей надежности этим требованиям и определить математическое ожидание  $M[f[x(t)]]$ , в выражение которого войдут характеристики надежности подвижного состава.

При создании экономико-математической модели необходимо соблюдать правило определения функционала, которое должно содержать конкретные требования к метровагону и условиям его эксплуатации. В качестве общей оценки эксплуатации технического устройства могут быть использованы такие показатели,

как объем выполненной работы, ее стоимость, производительность, время работы и т. д. Выбор и применение показателей обусловлены спецификой эксплуатации.

Полезность же многих технических устройств может быть оценена доходом, который будет получен в результате эксплуатации. Оценку полезности эксплуатации подвижного состава можно также определять доходом.

Тогда состояние метровагона можно характеризовать одной функцией  $S(t)$ , равной доходу, получаемому от его эксплуатации за время  $t$ , или скоростью роста доходов в момент времени  $t$ :

$$S(t) = \bar{c}v(t),$$

где  $v(t)$  — скорость изменения объема перевозок;  
 $\bar{c}$  — средний доход за единицу перевозок.

Это выражение можно записать как

$$S = M[cv(t_s)],$$

где  $t_s$  — продолжительность эксплуатации вагона.

Вид функции  $v(t)$  определяется функцией  $x(t)$  и параметрами, характеризующими влияние состояний метровагона на общий доход от его эксплуатации. А функция  $x(t)$  определяется показателями надежности подвижного состава и условиями его эксплуатации.

К числу наиболее применяемых показателей надежности относятся:

вероятность безотказной работы в течение определенного времени  $P(t)$ ;

средняя наработка до первого отказа  $T_{ср}$ ;

наработка на отказ  $t_{ср}$ ;

частота отказов  $a(t)$ ;

интенсивность отказов  $\lambda(t)$ ;

параметр потока отказов  $\omega(t)$ ;

функция готовности  $K_r(t)$ ;

коэффициент готовности  $K_r$ ;

коэффициент простоя  $K_n$ .

Характеристикой надежности называют количественное значение показателя надежности конкретного изделия.

Выбор показателей надежности зависит от вида изделий, которые можно разбить на две группы: ремонтируемые и неремонтируемые.

Основными показателями надежности неремонтируемых изделий являются:

вероятность безотказной работы  $P(t)$ ;

частота отказов  $a(t)$ ;

интенсивность отказов  $\lambda(t)$ ;

средняя наработка до первого отказа  $T_{ср}$ .

Вероятностью безотказной работы называется вероятность того, что при определенных условиях эксплуатации в заданном интервале времени или в пределах заданной наработки не произойдет ни одного отказа, т. е.

$$P(t) = P(T \geq t),$$

где  $t$  — время, в течение которого определяется вероятность безотказной работы;

$P$  — работа изделия;

$T$  — время от начала работы изделия до первого отказа.

Частотой отказов называется отношение числа отказавших изделий в единицу времени к первоначальному числу испытываемых изделий при условии, что все вышедшие из строя изделия не восстанавливаются.

Интенсивностью отказов называется отношение числа отказавших изделий в единицу времени к среднему числу изделий, исправно работающих в данный отрезок времени.

Средней наработкой до первого отказа называется математическое ожидание времени работы изделия до отказа.

Показателями надежности ремонтируемых изделий являются параметр потока отказов, наработка на отказ, коэффициент готовности и коэффициент простоя.

Параметром потока отказов называется отношение числа отказавших изделий в единицу времени к числу испытываемых изделий при условии, что все вышедшие из строя изделия заменяются исправными (новыми или отремонтированными).

Наработкой на отказ называется среднее значение времени между соседними отказами. Этот показатель надежности определяется по статистическим данным об отказах.

Наработка на отказ является достаточно наглядной характеристикой надежности, поэтому она широко применяется на практике.

Параметр потока отказов и наработка на отказ характеризуют надежность ремонтируемого изделия, но не учитывают времени, потребного на его восстановление. Поэтому они не характеризуют готовности изделия к функционированию в нужное время. Для этой цели вводятся такие показатели, как коэффициент готовности и коэффициент простоя.

Коэффициентом готовности  $K_r$  называется отношение времени исправной работы к сумме времени исправной работы и вынужденных простоев изделий, взятых за один и тот же календарный срок:

$$K_r = \frac{t_p}{t_p + t_n},$$

где  $t_p$  — суммарное время исправной работы;

$t_n$  — суммарное время вынужденного простоя.

Для перехода к вероятностному определению  $K_r$  величины  $t_p$  и  $t_n$  заменяются математическим ожиданием времени между соседними отказами и времени восстановления соответственно.

Тогда

$$K_r = \frac{t_{cp}}{t_{cp} + t_n},$$

где  $t_{cp}$  — наработка на отказ;  
 $t_n$  — среднее время восстановления.

Аналогично определяется и коэффициент простоя  $K_n$ :

$$K_n = \frac{t_n}{t_p + t_n}; \quad K_n = \frac{t_n}{t_{cp} + t_n}.$$

## **§ 57. Автоматизированные системы управления метрополитенами**

Автоматизированная система управления (АСУ) метрополитеном является комплексом методов и технических средств, которые наиболее четко и полно исполняют функции управления процессом перевозок на основе использования теории управления социально-экологическими системами, экономико-математических методов, а также электронно-вычислительных машин в сочетании с разнообразной техникой регистрации, диагностики и передачи первичной информации в вычислительный центр.

АСУ в той или иной степени уже функционируют на ряде метрополитенов и в ближайшем будущем будут внедрены на всех метрополитенах страны.

Необходимо отметить, что АСУ по существу представляют собой человеко-машинную систему. Центральной фигурой управления остается человек. Именно он всегда будет определять содержание и характер деятельности АСУ метрополитена как на стадии ее создания, так и на стадиях ее совершенствования и определения перечня решаемых задач. Человек будет пользоваться результатом обработки информации, которую по его указанию выполнит и выдаст машина для принятия наиболее квалифицированного решения.

АСУ метрополитена состоит из частей и подсистем, обеспечивающих комплексное решение экономических, организационных, технических и математических задач управления перевозками пассажиров. К ним относятся:

1. Экономико-организационная модель АСУ метрополитена, которая определяет экономические и организационные основы управления, порядок внутренних и внешних связей в системе, формы воздействия управляющей системы на процесс хозяйственной деятельности метрополитена.

2. Информационное обеспечение АСУ метрополитена, которое снабжает службы необходимой входной и выходной технико-экономической информацией, нормативными карточками и ленточками, усовершенствованной нормативно-справочной документацией, данными информационного словаря, классификаторов, шифров кодов, используемых в процессе управления. Информационное обеспечение весьма важная, если не основная, часть АСУ.

3. Методическое обеспечение АСУ метро включает инструкции и положения как о системе в целом, так и об отдельных подсистемах управления.

4. Математическое обеспечение АСУ метро состоит из комплекса алгоритмов, блок-схем и программ работы ЭВМ.

5. Техническое обеспечение АСУ метро включает комплекс вычислительных машин, устройства сбора и передачи информации, средства диспетчеризации, дистанционного управления и контроля за перевозочным процессом, хозяйственной деятельностью линейных предприятий и служб.

АСУ метро должна выполнять следующие основные функции: обеспечивать повышение эффективности работы метрополитена, снижение себестоимости, повышение производительности труда в производственных предприятиях и в управлении, улучшение использования технических средств и производственных фондов;

оперативно давать руководителям всех рангов и инженерно-техническому персоналу информацию, необходимую для принятия решений по управлению производственно-хозяйственной деятельностью метрополитена;

обеспечивать комплексную автоматизацию работ по планированию, технической подготовке, регулированию, учету и анализу деятельности всех подразделений метрополитена по реализации плана перевозок пассажиров, снабжению и другим видам деятельности;

централизованно производить переработку информации, используя эффективные экономико-математические и технические средства, позволяющие принимать оптимальные решения в планировании и организации перевозочного процесса;

обеспечивать оперативную связь объектов управления с управляющей системой на базе автоматизации сбора, регистрации передачи, накопления и обработки информации;

использовать в АСУ метрополитена унифицированные документы и технические средства.

Автоматизация управления метрополитеном методологически должна основываться на следующих принципах и закономерностях теории управления социально-экономическими системами;

при разработке АСУ метро должны соблюдаться важнейшие закономерности управления: пропорциональность отдельных звеньев системы и ее элементов (службы и отделы управления,



дистанции, линейные предприятия), единые принципы управления во всей иерархии управляющей системы, единство системы интересов в экономическом механизме управления, ритмичность работы и оптимальные скорости оборота производственных фондов и др.;

четкое определение целей и задач АСУ метро, а также критериев для оценки принимаемых решений и оптимальности результатов;

системный подход при решении любых вопросов деятельности метрополитена, что позволит резко снизить «возмущение» воздействия в процессе управления и хозяйственной деятельности метрополитена;

всесторонняя подготовка метрополитена к внедрению АСУ на основе научной организации труда;

единые основы систематизации, классификации и кодирования информации. При разработке АСУ задачи могут быть сгруппированы в подсистемы в соответствии с существующей системой управления метрополитена.

Метрополитен как объект управления — крупная, сложная нелинейная система, работающая при наличии помех, где одновременно задействовано большое количество подвижного состава, различного рода транспортных систем, которые должны работать слаженно и четко. О сложности метрополитена как объекта управления свидетельствуют следующие признаки:

многообразие структурных подразделений, высокая степень централизации, взаимосвязанность и необходимость синхронизации действий различных служб и предприятий;

необходимость решения не только отдельных инженерно-экономических задач, но и вопросов долгосрочного планирования и прогнозирования, наличие больших внешних связей системы;

постоянный рост объема работы и информации, затрудняющий и делающий невозможным для человека полный анализ информации и принятие оптимального решения без ЭВМ.

Готовясь внедрять АСУ, работникам метрополитена необходимо решить задачи упорядочения функций отдельных звеньев управления, изучения потока информации, совершенствования учета и делопроизводства, повышения квалификации кадров и т. д. По мнению социологов, подготовка и обработка информации для решения задач управления еще до внедрения ЭВМ дают около 80% экономического эффекта, который может быть получен в результате внедрения ЭВМ.

Научно-техническая революция поставила важные задачи по совершенствованию управления народным хозяйством, в том числе и городским транспортом. Задача упорядочения структуры управления перед внедрением ЭВМ вызывается необходимостью:

повышения оперативности и концентрации данных;

повышения роли планирования как оперативного, так и долгосрочного;

ускорения и упрощения выборки информации, ликвидации параллелизма в учете;

постоянного совершенствования, повышения ответственности кадров, внедрения оргтехники для освобождения части инженеров и от решения мелких задач в пользу решения серьезных технических вопросов производства.

Структуру управления метрополитеном характеризует высокая степень централизации. Это объясняется тем, что доходы и большая часть эксплуатационных расходов формируются на уровне метрополитена. Внедрение вычислительной техники и автоматизированных систем управления, позволяющих лучше организовать сбор и обработку информации, является тенденцией ускорения процесса централизации.

В то же время организационная структура метрополитенов отличается явно выраженной функциональной направленностью. Отдельные службы часто решают независимые задачи. Отсюда в структуре управления созданы автономные звенья с отделами, работающими как самостоятельные подразделения при решении вопросов и взаимоотношениях с другими подразделениями.

В силу того что многие решения принимаются на уровне управления (рассмотрение проектов строительства, составление технического плана и др.), нередко возникают конфликтные ситуации. Планирование строительства, внедрения новой техники носит узко ведомственный характер. Каждая служба разрабатывает собственные требования порой без увязки с интересами смежников, что, не будучи вовремя выявлено, может привести к ошибкам в утверждаемых документах.

Создание АСУ метро существенно скажется на роли работников управляющей системы и руководителей управления. Поэтому важно учитывать не только принципы разработки АСУ метро, но и то влияние, которое она окажет на всю систему и на каждое ее звено.

По мере механизации и автоматизации управления труд работников управляющей системы станет все более творческим. Всю остальную, часто повторяющуюся и нетворческую работу будет выполнять машина. Поэтому из множества функций, приходиться в настоящее время на службы метрополитена, необходимо выбрать те, которые могут быть выполнены машиной в информационно-вычислительном центре. Ниже в табл. 2 перечислены некоторые из таких работ.

Даже неполный перечень работ, которые могут быть переданы вычислительным машинам, показывает, что автоматизация управления освободит работников системы управления от большого объема расчетной работы, потребует от них новых знаний, перестройки и изменения форм и методов работы.

Разработка новой системы управления должна начинаться с определения ее целей, а для этого необходим глубокий диагностический анализ состояния производства и системы управления, который занимает 30% всего периода разработки системы.

Для анализа организационной и функциональной структуры управления метрополитеном необходимо прежде всего составить: перечень функций управления на всех уровнях систем; перечень служб и отделов, в которых производится исследование документооборота, процессов движения и преобразования информации в целях управления метрополитеном;

Таблица 2

№ п/п	Функции управления	Виды работ, передаваемых для выполнения в АСУ
1	Технико-экономическое и технологическое планирование	Разработка годового плана перевозок пассажиров, капитального ремонта и строительства. Расчет планов по труду и себестоимости перевозок. Разработка утверждаемых показателей плана работы служб и предприятий. Разработка финансового плана для метро и предприятий. Планы объемов всех видов ремонта пути и сооружений. Разработка технических норм работы. Составление графиков движения поездов. Нормирование парка подвижного состава. Расчет технических норм и качественных показателей эксплуатационной работы метро. Расчет наличной пропускной способности участков. План ремонта подвижного состава. Планирование и нормирование расхода топлива и электроэнергии на тягу поездов
2	Оперативное управление перевозочным процессом	Сменно-суточное планирование перевозок, оперативное планирование работы депо. Нормирование и планирование работы поездных бригад
3	Техническое обслуживание производства, организация ремонта оборудования	Составление графиков ремонта пути. Расчет показателей надежности технических средств и их анализ. Составление графиков для строительных подразделений. План ремонта эскалаторов подвижного состава
4	Материально-техническое обеспечение	Планирование потребности в материалах, разработка планов снабжения. Учет и контроль состояния материальных запасов, выполнения планов поставок, реализации материалов
5	Оперативный учет и контроль выполнения планов	Составление суточной, декадной и месячной отчетности перед МПС. Контроль за ходом строительства и выполнения плана капитальных вложений
6	Бухгалтерский учет, финансовая и сводная статистическая отчетность	Учет основных фондов, затрат на производство. Калькуляция себестоимости перевозок. Разработка бухгалтерского баланса. Финансовая отчетность расчетных контро. Численность работников и фонд заработной платы. Учет кадров. Получение оперативных сведений для отчетов
7	Анализ производственно-финансовой деятельности	Анализ себестоимости продукции, перевозок, прибыли и рентабельности. Анализ финансового состояния, наличия и использования оборотных средств. Анализ использования подвижного состава, графика движения поездов, расхода электроэнергии, топлива

структуру каждого подразделения (с указанием служб, отделов, исполнителей, выполняющих самостоятельные работы);  
схемы подчинения структурных подразделений снизу доверху;  
блок-схемы, иллюстрирующие структуру;  
общую схему структуры с указанием функциональной подчиненности по уровням управления.

Следующим необходимым направлением исследования существующей системы управления является анализ производственно-хозяйственной деятельности метрополитена, который делают для выделения «узких мест» и выявления резервов повышения эффективности работы.

На основании выполненного анализа и выработки общего представления о системе управления осуществляют разработку так называемого «дерева целей» АСУ. Установленные цели АСУ метро для своей системы управления и ее звеньев и выбранные критерии, показывающие эффективность работы железной дороги и ее подразделений, позволяют осуществить разработку экономико-организационной модели управления, которая должна способствовать улучшению организационных и экономических отношений.

Для осуществления функций управления производственной деятельностью метрополитена в соответствии с «деревом целей» целесообразно установить подсистемы АСУ метро, выполняющие следующие функции:

техничко-экономическое планирование работы и развития метрополитена;

управление пассажирскими перевозками;

управление деповским хозяйством;

управление эскалаторным хозяйством;

управление устройствами электроснабжения и энергетики;

управление эксплуатацией и ремонтом пути и сооружений;

управление эксплуатацией и ремонтом устройств СЦБ и связи;

управление капитальным строительством;

сводный оперативно-статистический учет и отчетность;

материально-техническое обеспечение;

управление финансовой деятельностью;

планирование, подготовка, учет и анализ кадров;

научно-техническая информация.

Выделение перечисленных подсистем и установление их функций не означает, что работа каждой из них не зависит от функционирования других подсистем АСУ метро. Все они взаимосвязаны и взаимозависимы, т. е. между ними существуют прямые и обратные связи.

1. М. С. Горбачев. Политический доклад Центрального Комитета КПСС XXVII съезду КПСС. М.: Политиздат, 1986. 126 с.
2. Н. И. Рыжков. Об основных направлениях экономического и социального развития СССР на 1986—1990 годы и на период до 2000 года. Политиздат, 1986. 63 с.
3. Абдулрагимов А. И., Власов С. Н. Строительство станций «зеленого заложения» Бакинского метрополитена // Транспортное строительство. 1969. № 2 С. 18—23.
4. Автоматическое управление движением поездов метрополитена / В. И. Астрахан, Е. И. Быков, Г. В. Фаминский, В. М. Малинов. М.: 1981. 34 с. (Метрополитены. Экспресс-информация/ЦНИИТЭИ МПС; Вып. 1).
5. Анашкин Б. Т., Кривицкий К. Я. Устройство автоматического управления поездами метрополитена // Транспортное строительство. 1968. с. 24—26.
6. Астрахан В. И., Маликов В. М., Фаминская Е. Г. Алгоритмы управления движением поездов метрополитена по перегонам // Вестник ВНИИЖТ. 1981. № 6. С. 19—22.
7. Астрахан В. И. Применение микро- и мини- ЭВМ для централизованного управления движением поездов метрополитена // Тр. ВНИИЖТ. 1981. Вып. 648. с. 11—17.
8. Астрахан В. И., Фаминская Е. Г. Регулирование времени хода поездов метрополитена с помощью микроЭВМ // Тр. ВНИИЖТ. 1981. Вып. 648. С. 17—22.
9. Астрахан В. И., Комков Е. В. Управление торможением поездов метрополитена с помощью микропроцессоров // Тр. ВНИИЖТ. 1981. Вып. 648. С. 22—26.
10. Баранов Л. А., Ерофеев Е. В. Принципы построения систем автоведения поездов на базе микроЭВМ // Тр. МИИТ. 1978. Вып. 612. С. 3—11.
11. Баранов Л. А., Ерофеев Е. В., Межох А. К. Алгоритм управления движением поездов метрополитена с помощью управляющего вычислительного комплекса // Тр. МИИТ. 1978. Вып. 612. С. 40—46.
12. Баранов Л. А., Бакеев Е. Е. Аналого-цифровые преобразователи устройств автоматики и телемеханики электрифицированных железных дорог. М.: Транспорт, 1979. 207 с.
13. Баранов Л. А., Ерофеев Е. В., Головичер Я. М. Принципы построения программных устройств для систем автоведения поездов // Тр. МИИТ. 1980. Вып. 664. С. 90—96.
14. Баранов Л. А., Головичер Я. М., Яснис И. А. Исследование процесса регулирования времени хода в системе автоматического ведения поезда на базе микроЭВМ // Тр. МИИТ. 1981. Вып. 694. С. 51—57.
15. Барышевский Т. А. Эффективность изменения состава поездов // Метрострой. 1967. № 4. С. 23—24.
16. Боровой К. Н. Математическая модель взаимодействия составов на линии метрополитена // Тр. МИИТ. 1979. Вып. 629. С. 151—156.
17. Брылеев А. М., Дмитренко И. Е. Координатная система интервального регулирования поездов // Тр. МИИТ. 1968. Вып. 256. С. 44—51.
18. Волков В. П., Наумов С. Н., Пирожкова А. Н. Тоннели и метрополитены. М.: Транспорт, 1964. С. 18—26.
19. Гард Н. А. Из истории Московского городского транспорта.— Трансиздат, 1940. С. 12.

20. Гехман Ш. Г. Метрополитен открыт. Трансиздат. 1940. 24 с.
21. Головичер Я. М. Исследование одного класса программно-следящих систем автоведения поездов //Тр. МИИТ. 1975. Вып. 492. С. 22—27.
22. Городской пассажирский транспорт /Под ред. Д. С. Самойлова. М.: Высшая школа, 1975. С. 3—24.
23. Гуськов М. В. Математическая модель системы автоматического управления движением поездов метрополитена //Тр. МИИТ, 1971. Вып. 370. С. 135—145.
24. Дни и годы Метростроя //Московский рабочий, 1981. С. 27—64.
25. Елсуков В. А. Комплексная система автоматического управления движением поездов на Ленинградском метрополитене.— В кн.: Город и транспорт, комплекс развития транспортных систем крупных городов и их зон. М.: Высшая школа, 1979. С. 70—73.
26. Елсуков В. А. Пути совершенствования эксплуатационной деятельности Ленинградского метрополитена. М.: Транспорт, 1980. 134 с.
27. Ерофеев Е. В., Головичер Я. М. Исследование процесса управления временем хода в системе автоведения поезда //Вестник ВНИИЖТ. 1976. № 5. С. 4—7.
28. Ерофеев Е. В. Определение оптимального по расходу энергии перегонного времени хода поездов метрополитена //Вестник ВНИИЖТ. 1979. № 2. С. 56—57.
29. Ерофеев Е. В. Оптимизация программ систем автоведения поезда //Тр. МИИТ. 1980. Вып. 661. С. 41—50.
30. Зиморьков Б. Д. Локомотивом управляет автомат //Электрическая и тепловозная тяга. 1973. № 7. С. 21—22.
31. Ильин В. А. Большие системы телемеханики. М.: Энергия, 1967. 136 с.
32. Иоффе А. Б. Тяговые электрические машины. М.—Л.: Энергия, 1965. С. 108—149.
33. Ито Т., Ибахара Х. Автоматическое вождение поездов с программным управлением.— Ежемесячный бюллетень международной ассоциации железнодорожных конгрессов, 1965. № 10. С. 24—27.
34. Калинин В. П. Новая техника метрополитенов //Путь и путевое хозяйство. 1984. № 3. С. 1—5.
35. Калинин В. П. Повышение эффективности метрополитенов // Железнодорожный транспорт. 1984. № 6. С. 43—48.
36. Калинин В. П., Шибяев Д. Б. Метрополитены на службе пятилетки// Электрическая и тепловозная тяга. 1984. № 11. С. 6—10.
37. Калинин В. П. Социальная политика отрасли // Железнодорожный транспорт, 1986. № 1. С. 4—12.
38. Карпухин Н. А. Вопросы организации движения поездов на Московском метрополитене. М.: Транспорт. 1939. 51 с.
39. Катковник В. Л., Полуэктов Р. А. Многомерные дискретные системы управления, М.: Наука, 1966. 416 с.
40. Ковальский А. Н. Система автоматического управления поездом метрополитена (САУ-М) и ее модернизация //Тр. МИИТ. 1968. Вып. 276. С. 3—13.
41. Коган Ю. Л., Малинов В. М. Применение микропроцессоров и микроЭВМ для управления движением поездов за рубежом //Тр. ВНИИЖТ. 1981. Вып. 648. С. 49—55.
42. Коган Ю. Л., Малинов В. М. Современные системы управления движением на базе микропроцессоров и микроЭВМ, применяемые за рубежом. М.: 1981, с. 5—22 (Железнодорожный транспорт за рубежом. Экспресс-информация/ЦНИИТЭИ МПС, серия 3, вып. 1).
43. Королев А. И., Овчинников Ф. Е., Лебедев М. А. Технический прогресс и экономика метрополитенов. М.: Транспорт, 1982. С. 3—20.
44. Кочнев Ф. П. Пассажирские перевозки на железнодорожном транспорте. М.: Транспорт. 1980. С. 270—274
45. Кривицкий К. А. Автоматическая остановка поезда //Метрострой. 1961, № 3. С. 10—12.
46. Лаврик В. В. Электрическая централизация стрелок и сигналов метрополитенов. М.: Транспорт, 1984. 239 с.

# ОГЛАВЛЕНИЕ

От автора . . . . .	3
---------------------	---

## 1

### РАЗВИТИЕ МЕТРОПОЛИТЕНОВ СССР

§ 1. Экскурс в историю . . . . .	6
§ 2. Московский метрополитен . . . . .	8
§ 3. Ленинградский метрополитен . . . . .	18
§ 4. Киевский метрополитен . . . . .	21
§ 5. Тбилисский метрополитен . . . . .	22
§ 6. Бакинский метрополитен . . . . .	24
§ 7. Харьковский метрополитен . . . . .	27
§ 8. Ташкентский метрополитен . . . . .	29
§ 9. Ереванский метрополитен . . . . .	31
§ 10. Минский метрополитен . . . . .	33
§ 11. Горьковский метрополитен . . . . .	35
§ 12. Новосибирский метрополитен . . . . .	37
§ 13. Строящиеся метрополитены . . . . .	38
§ 14. Развитие подвижного состава . . . . .	41

## 2

### ЗАРУБЕЖНЫЕ МЕТРОПОЛИТЕНЫ

§ 15. Общие сведения . . . . .	49
§ 16. Метрополитены Лондона и Ньюкасла (Великобритания) . . . . .	51
§ 17. Метрополитены США . . . . .	57
§ 18. Метрополитены Торонто и Монреаля (Канада) . . . . .	63
§ 19. Метрополитен Мехико (Мексика) . . . . .	66
§ 20. Метрополитены Токио и Саппоро (Япония) . . . . .	67
§ 21. Метрополитены Франции . . . . .	71
§ 22. Метрополитены Мадрида и Барселоны (Испания) . . . . .	78
§ 23. Метрополитены Милана и Генуи (Италия) . . . . .	82
§ 24. Метрополитен Лиссабона (Португалия) . . . . .	83
§ 25. Метрополитен Брюсселя (Бельгия) . . . . .	84
§ 26. Метрополитен Вены (Австрия) . . . . .	85
§ 27. Метрополитены ФРГ . . . . .	86
§ 28. Метрополитен Праги (ЧССР) . . . . .	88
§ 29. Метрополитен Хельсинки (Финляндия) . . . . .	89
§ 30. Метрополитен Осло (Норвегия) . . . . .	91
§ 31. Метрополитен Глазго (Шотландия) . . . . .	93
§ 32. Метрополитены КНР . . . . .	94
§ 33. Метрополитен Калькутты (Индия) . . . . .	95
§ 34. Метрополитены Сеула и Пусана (Южная Корея) . . . . .	96
§ 35. Строящиеся линии метрополитенов . . . . .	97
§ 36. Подвижной состав метрополитенов . . . . .	101

## 3

### ОТЕЧЕСТВЕННОЕ МЕТРОСТРОЕНИЕ

§ 37. Советская школа метростроения . . . . .	109
§ 38. Организация и основные этапы строительства метрополитенов . . . . .	114
§ 39. Сооружение метрополитенов в особо сложных условиях . . . . .	118

§ 40. Конструкция станций . . . . .	121
§ 41. Перегонные тоннели . . . . .	128
§ 42. Технические средства строительства . . . . .	135
§ 43. Архитектура станций . . . . .	147
§ 44. Основные направления развития метростроения . . . . .	168

## 4

### СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИИ МЕТРОПОЛИТЕНОВ

§ 45. Основы эксплуатации . . . . .	173
§ 46. График движения поездов . . . . .	178
§ 47. Организация перевозок на Московском метрополитене . . . . .	185
§ 48. Организация работы локомотивных бригад . . . . .	190
§ 49. Организация работы станций, служб и дистанций движения . . . . .	198
§ 50. Устройства электроснабжения и электромеханическое хозяйство . . . . .	201
§ 51. Путевые и тоннельные устройства . . . . .	208
§ 52. Социалистическое соревнование и распространение передового опыта . . . . .	214
§ 53. Внедрение бригадного подряда и опыта Белорусской дороги . . . . .	222

## 5

### ТЕХНИЧЕСКИЙ ПРОГРЕСС НА МЕТРОПОЛИТЕНАХ

§ 54. Новая техника и автоматизация управления движением поездов . . . . .	227
§ 55. Промышленное телевидение, телеуправление и связь . . . . .	258
§ 56. Повышение надежности подвижного состава и эскалаторов . . . . .	262
§ 57. Автоматизированные системы управления метрополитенами . . . . .	271
Список использованной литературы . . . . .	277

Производственное издание

*Василий Петрович Калиничев*

МЕТРОПОЛИТЕНЫ

Переплет художника *Н. В. Кондрашова*

Технический редактор *Н. Д. Муравьева*

Корректор-вычитчик *В. Я. Кинареевская*

Корректор *В. А. Луценко*

ИБ № 3544

---

Сдано в набор 20.10.87. Подписано в печать 03.06.88. Т-03586.  
 Формат 60×90<sup>1</sup>/<sub>16</sub>. Бум. офс. № 1. Гарнитура литературная. Офсетная печ.  
 Усл. печ. л. 17,5. Усл. кр.-отт. 35,5. Уч.-изд. л. 19,36. Тираж 5000 экз.  
 Заказ 5635. Цена 1 р. 70 к. Изд. № 1-3-1/5 № 3783.

Ордена «Знак Почета» издательство «ТРАНСПОРТ», 103064, Москва,  
 Басманный туп., 6а

---

Ордена Трудового Красного Знамени типография издательства  
 Куйбышевского обкома КПСС, 443086, г. Куйбышев, просп., Карла  
 Маркса, 201.