

КОМПЛЕКСНАЯ СИСТЕМА «ДВИЖЕНИЕ» (КСД) - КОМПЛЕКСНАЯ СИСТЕМА ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ДВИЖЕНИЯ И АВТОМАТИЗИРОВАННОГО УПРАВЛЕНИЯ ДВИЖЕНИЕМ ПОЕЗДОВ.

Основное назначение системы — централизованное графико-интервальное регулирование движения поездов метрополитена и обеспечение безопасности перевозок пассажиров.

Система «Движение» охватывает следующие структурные уровни метрополитена: центральный пост, аппаратуру станций и перегонов, поездную аппаратуру. Система работает в автоматизированном режиме с участием поездных диспетчеров линий, дежурных по посту централизации на станциях с путевым развитием и машинистов поездов.

I ЦЕНТРАЛЬНЫЙ ПОСТ УПРАВЛЕНИЯ СИСТЕМЫ «ДВИЖЕНИЕ» - ЦП КСД.



ЦП КСД предназначен для решения задач следующих подсистем:

- информационно-управляющей;
- информационно-справочной;
- диагностики, контроля и протоколирования состояния аппаратно-программных средств и действий оперативного персонала;
- сервиса и администрирования.

Информационно-управляющая подсистема

- отображение состояния объектов управления и контроля станционного уровня КСД дискретной (сигналы ТС) информации в соответствии с данными, предоставляемыми станционным уровнем системы;
- отображение текущих значений следующих параметров работы линии:
 - расхождение ПГД и ИГД для каждого поезда;
 - наличие людей в тоннелях;
- отображение информации об аварийных событиях по кругу ответственности поездного диспетчера;
- управление объектами СА КСД;
- передача управляющих команд на уровень исполнения;
- квитирование доставки и реализации (отсутствия реализации) команды ТУ;
- передачу на уровень СА КСД параметров для автоматического ведения поездов в соответствии с ПГД:
 - время стоянки на данной станции;
 - номер необходимого маршрута отправления (на перегон или под оборот);
 - время прибытия на следующую станцию.
- расчет и передачу на уровень СА КСД параметров автоматического ведения поездов;
- формирование исполненного (ИГД) графика движения поездов;
- отображение планового (ПГД) и исполненного (ИГД) графиков движения поездов;
- отображение информации от систем ОПС и КД;
- ручной ввод предупредительной информации о действующих ограничениях для движения поездов.

Информационно-справочная подсистема

- предоставление нормативно – справочной информации (НСИ) по запросу пользователя.

Подсистема диагностики, контроля и протоколирования состояния аппаратно-программных средств и действий оперативного персонала

- авторизация пользователя при входе в систему и при подтверждении передачи «ответственных» команд с использованием индивидуального пароля;
- автоматическое формирование протокола команд ТУ, событий ТС (включая сигналы квитирования ТУ) и списка аварийных событий с привязкой ко времени их возникновения;

- автоматическое сохранение ИГД за смену;
 - предоставление доступа к электронному Журналу диспетчерских приказов;
- ЦП КСД контролирует следующие объекты АТДП:
- станционная аппаратура (СА) – определяет режим работы и управления СА;
 - рельсовая цепь (РЦ) - путь прибытия-отправления, стрелочный и бесстрелочный участок на станции, участок на перегоне. По состоянию РЦ контролируется нахождение подвижных единиц на станции и перегоне, а также состояние установленных маршрутов на станции;
 - стрелки - стрелочный участок, который включает от 1 до 3-х стрелочных переводов;
 - светофор - входной, выходной (маршрутный), маневровый и заградительный светофоры;
 - маршрут – определяют состояние объектов, входящих в маршруты;
 - состояние аппаратуры связи с соседней станцией – контролируют установленное направление движения на перегоне и занятость соединительной ветки, а также исправность аппаратуры связи с соседней станцией;
 - параметры поездной аппаратуры.

ЦП КСД контролирует следующие состояния объектов АТДП:

Состояние станционной аппаратуры:

- работа оператора - комплект СА работает в режиме получения информации с правом управления;
- работа пользователя - комплект СА работает в режиме получения информации без права управления;
- автономный контроль - комплект СА выполняет автономную проверку аппаратуры и программы СА (без взаимодействия с устройствами АТДП). В этом режиме обмен данными СА с ЦДУ не производится;
- модификация ПО - режим предназначен для проверки, установки или обновления программного обеспечения аппаратуры СА. В этом режиме обмен данными СА с ЦДУ не производится;
- диспетчерское управление – режим, при котором управление СА осуществляется поездным диспетчером от ЦДУ. Режим диспетчерского управления является основным режимом управления;
- дистанционное управление – режим, при котором управление СА осуществляется на станционном уровне дежурным станционного поста централизации (дежурным по станции). При этом режиме поездной диспетчер является получателем информации без права управления.

Состояние рельсовой цепи:

- занятие – контроль нахождения подвижной единицы на РЦ;
- замыкание – замкнутое состояние в установленном маршруте;
- искусственное размыкание (ИР) – наличие искусственного размыкания секций при разделке установленного маршрута или неиспользованной части маршрута.
- неисправность РЦ.

Состояние стрелки:

- плюс – плюсовое положение остряка стрелки;
- минус – минусовое положение остряка стрелки;
- отсутствие контроля положения стрелки – неопределенное положение остряка стрелочного перевода;
- установка стрелки на макет;
- плюсовое положение макета стрелки;
- минусовое положение макета стрелки;
- отказ блока управления стрелкой.

Состояние светофора:

- один красный огонь;
- один белый огонь;
- один зеленый огонь;
- один желтый огонь;
- один лунно-белый мигающий огонь (пригласительный сигнал);
- два красных огня;
- красный огонь и пригласительный сигнал;
- огни погашены.

Состояние маршрутов:

- маршрут не установлен;

- идет набор маршрута;
- ожидание открытия светофора по замкнутому маршруту (ожидание разрешения движения по маршруту);
- маршрут замкнут, светофор ограждения маршрута открыт (выдано разрешение движения по маршруту);
- маршрут занят поездом. Есть разрешение движения по маршруту;
- снято разрешение движения по предварительно замкнутому маршруту (стрелки замкнуты, светофор ограждения маршрута закрыт). Для размыкания маршрута требуется выполнение отмены маршрута;
- идет размыкание маршрута;
- снято разрешение движения по окончательно замкнутому маршруту (стрелки замкнуты, светофор ограждения маршрута закрыт). Для размыкания маршрута требуется выполнение искусственного размыкания маршрута;
- идет искусственное размыкание маршрута;
- маршрут замкнут с пониженными условиями безопасности;
- маршрут замкнут с пониженными условиями безопасности, открыт пригласительный сигнал по маршруту;
- для маршрута зонного движения выполнен первый этап установки;
- установлен автоматический режим (для маршрутов автоследования, автооборота или зонного движения).

Состояние узлов связи с соседней станцией:

- отказ аппаратуры связи;
- нет связи с соседней станцией, аппаратура исправна;
- есть связь с соседней станцией, аппаратура исправна;
- установлено нечетное направление движения;
- установлено четное направление движения;
- занятость соединительной ветки перегона.

Параметры поездной аппаратуры (передаются при стоянке поезда на станции и состоят из следующих сообщений):

- сообщение о прибытии поезда:
 - номер пути;
 - номер маршрута;
 - графиковый номер поезда;
 - время прибытия.
- стоянка поезда у платформы:
 - номер пути;
 - табельный номер машиниста.
- сообщение об отправлении поезда:
 - номер пути;
 - номер маршрута;
 - графиковый номер поезда;
 - время отправления.
- текущий режим ПА (в каждом сообщении).

Подсистема сервиса и администрирования

- формирование плановых графиков движения (ПГД) поездов;
- установка и поддержание точного времени в соответствии с данными системы единого времени метрополитена;
- назначение и изменение прав доступа пользователей к функциям информационного обеспечения ЦДУ;
- внесение изменений в нормативно-справочную информацию и базы данных.

Состав ЦП КСД

ЦП КСД включает в себя следующие рабочие места и технические средства:

- АРМ поездного диспетчера линии (ПД), состоящий из трех рабочих станций - основной, резервной и вспомогательной;
- АРМ старшего диспетчера линии (СД), состоящий из двух рабочих станций - основной и резервной;

- АРМ инженера АСС;
- АРМ оператора подготовки данных;
- контроллер видеотабло;
- сервер основной и резервный системы «Движение»;
- средства ЛВС.

На рис. 1 и 2 приведены экранные формы поездного диспетчера. Структурная схема ЦП КСД приведена на рис.3.

Практическая реализация.

ЦП КСД в составе комплексной системы «Движение» с 2005г. эксплуатируется на Казанском метрополитене.

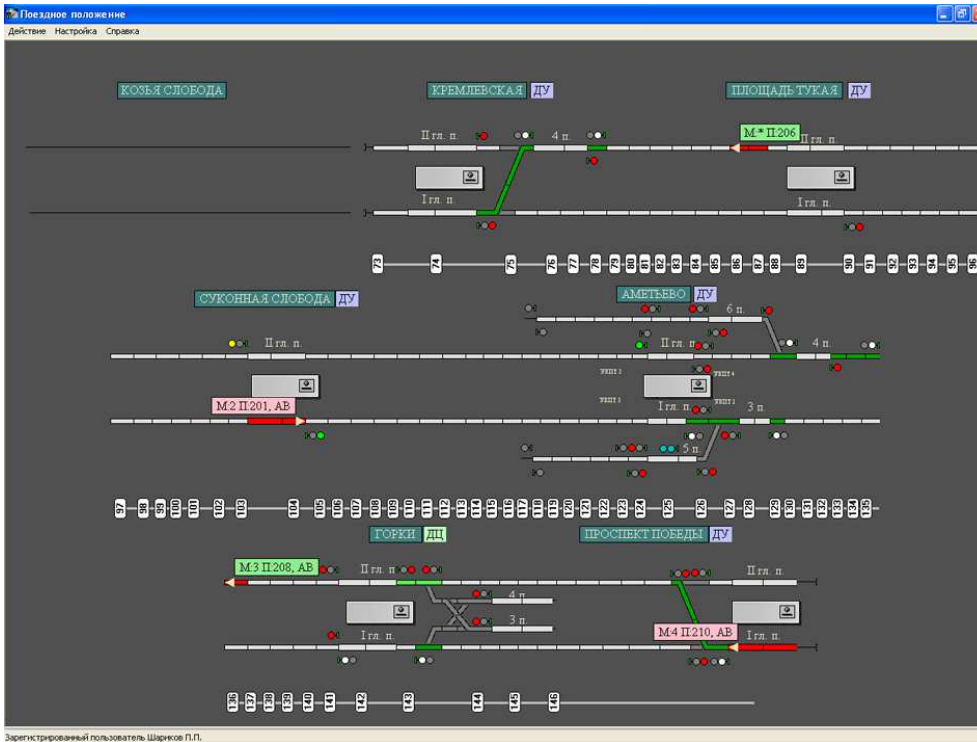


Рис.1. Экранная форма поездного положения.

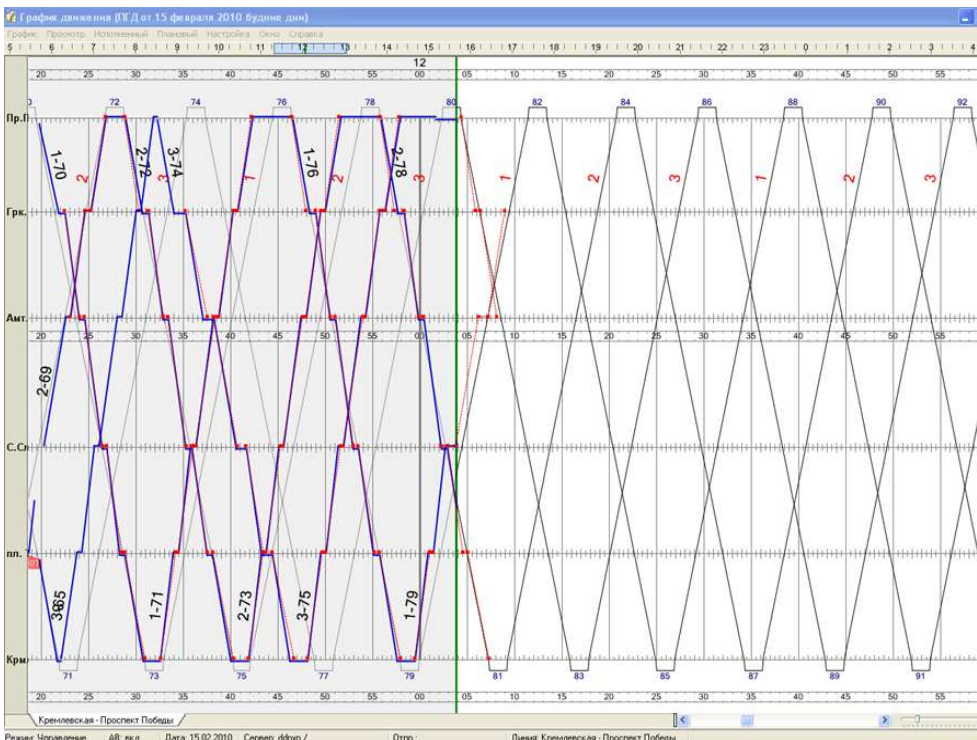


Рис.2. Экранная форма прогнозируемого и исполненного графиков движения.

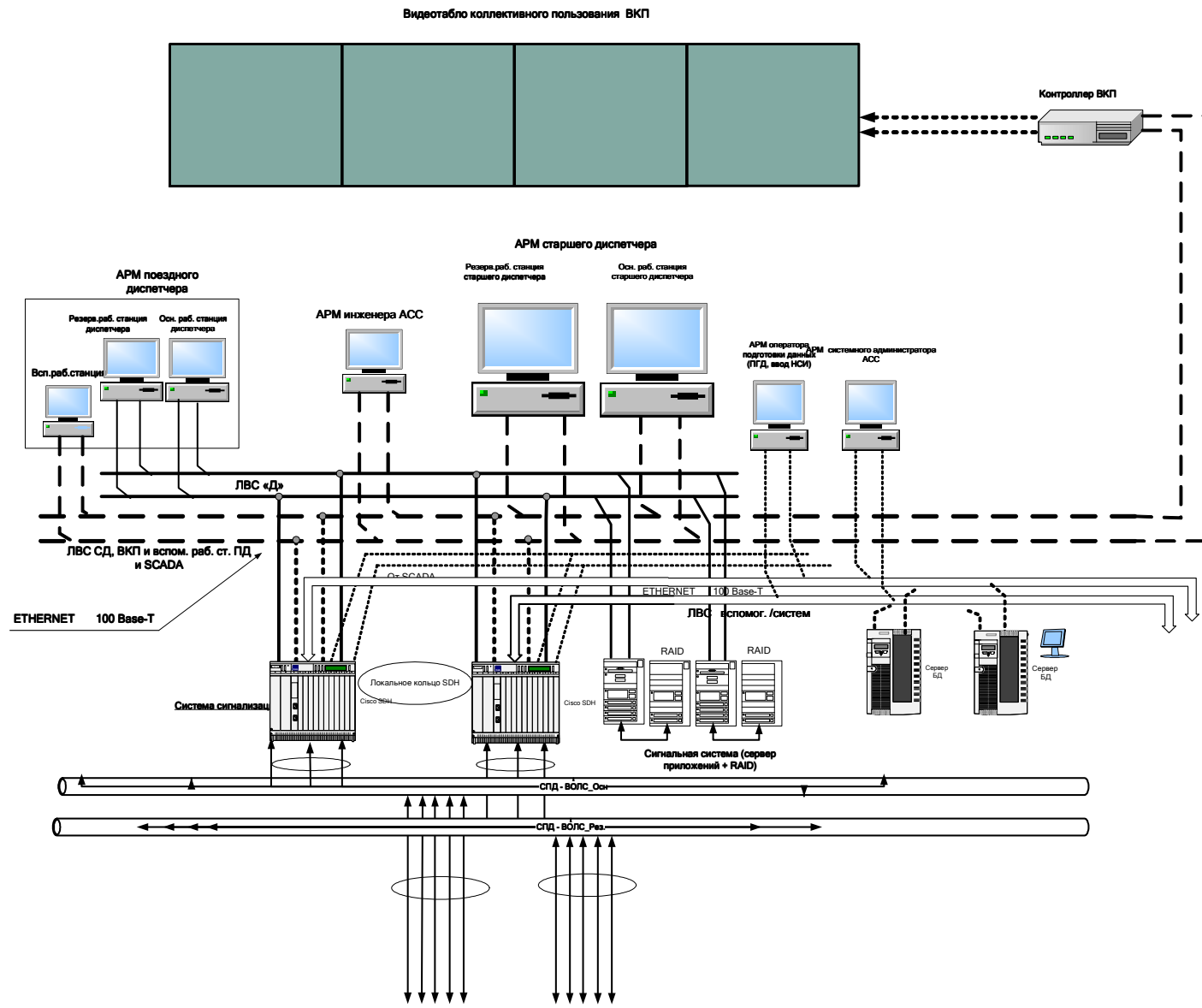


Рис.3 Структурная схема ЦП КСД.

II СТАЦИОНАРНАЯ АППАРАТУРА СТАНЦИЙ И ПЕРЕГОНОВ - СА КСД



Стационарная аппаратура станций и перегонов предназначена для обеспечения безопасности движения и автоматизированного управления движением пассажирских поездов и хозяйственных составов метрополитена, оборудованных поездной аппаратурой ПА КСД или совместимой на участках линий, управляемых СА КСД.

К участкам линий метрополитена, оборудуемых и управляемых СА КСД, относятся станции, станционные пути, главные пути линий, оборотные тупики, соединительные ветки с другими линиями и соединительные ветки с депо в зоне управления СА КСД.

Основные характеристики СА КСД

СА КСД отвечает требованиям комплекса отраслевых нормативных документов «Безопасность железнодорожной автоматики и телемеханики».

СА КСД работает в автоматизированном режиме с участием операторов, включенных в контур управления – дежурных по посту телеуправления станции (ДСЦП, ДСП) при управлении движением и электромеханика при выполнении задач технического обслуживания.

СА КСД обеспечивает обмен информацией с центральным постом линии по волоконно-оптической линии связи.

СА КСД работает в системе единого времени метрополитена, устанавливаемого по сигналам с центрального поста.

СА КСД обеспечивает взаимодействие с рельсовыми цепями и оборудованием светофоров и стрелок, находящимися в зоне ответственности станции и являющимися объектами управления и контроля СА КСД данной станции.

СА КСД обеспечивает индивидуальное управление до 64-х стрелок и до 20-ти светофоров на станции.

Обмен с СА КСД соседних станций осуществляется по проводному каналу связи с использованием сигналов с фазовой модуляцией информацией о занятости рельсовых цепей, прилегающих к взаимным границам зоны ответственности станций, и информацией для работы системы вспомогательной сигнализации.

СА КСД обеспечивает автоматизированное управление движением поездов метрополитена, оборудованных ПА КСД, в установленном направлении по принципу безопасного интервала попутного следования с пропускной способностью до 48 пар поездов в час.

При управлении движением поездов СА КСД обеспечивает реализацию функций канала передачи информации методом фазовой модуляции (ФМК СА), в том числе:

а) формирование и передачу в рельсовые цепи, контролируемые аппаратурой СА КСД данной станции, фазомодулированных сигналов автоматического регулирования скорости (АРСФ) – команд допустимой скорости движения поезда по условиям обеспечения безопасности движения, для данной и последующей рельсовой цепи согласно установленного маршрута движения.

б) передачу в рельсовые цепи и прием из рельсовых цепей фазомодулированных сигналов контроля (КРЦФ) для определения состояния рельсовых цепей (целостности и занятости), изолирующих стыков и для проверки исправности кабелей связи с рельсовыми цепями.

СА КСД обеспечивает реализацию функций микропроцессорной централизации метрополитена (МЦМ) по централизованному управлению объектами низовой автоматики на станции (стрелочные переводы, светофоры) с целью организации движения поездов при обеспечении требований безопасности.

При этом СА КСД функционирует непрерывно в реальном масштабе времени и обеспечивает работу в следующих режимах:

– режим диспетчерского управления, при котором управление движением осуществляется поездным диспетчером линии. В этом случае ДСЦП выполняет функции пользователя системы (получателя информации без права управления);

– режим дистанционного управления, при котором управление движением осуществляется ДСЦП данной станции. Поездной диспетчер выполняет функции пользователя системы.

СА КСД обеспечивает фиксацию прибытия/убытия поезда по факту наличия/отсутствия «головного» вагона поезда на станции в границах зоны остановки первого вагона ($\pm 0,45$ м для станций закрытого типа и $\pm 1,0$ м для станций открытого типа);

СА КСД обеспечивает протоколирование работы устройств и обслуживающего персонала в течение рабочей смены с выводом протоколов на АРМ.

На мониторы АРМ по запросу оператора выдается нормативно-справочная информация о порядке действий обслуживающего персонала в критических ситуациях, а так же приказов и инструкций, действующих на метрополитене для ДСЦП (ДСП) и электромеханика.

Электропитание СА КСД осуществляется от двух независимых источников переменного тока

Устройство и работа СА КСД

СА обеспечивает функционирование:

а) в режиме диспетчерского управления – работа СА под управлением ЦП (основной режим);

б) в режиме дистанционного управления – управление СА осуществляется ДСЦП, ДСП.

СА имеет следующие функциональные подсистемы:

– информационно-управляющую;

– диагностики технических средств;

– информационно-справочную;

– протоколирования работы технических средств и действий обслуживающего персонала.

Информационно-управляющая подсистема в режиме диспетчерского управления обеспечивает:

– безопасность движения поездов в соответствии с требованиями ПТЭ метрополитена;

– управление стрелочными переводами и светофорами в зоне ответственности станции;

– управление и контроль действующего оборудования метрополитена;

– поддержку обмена информацией по следующим физическим каналам связи:

а) по ВОЛС между СА и ЦП;

б) по рельсовому ФМ каналу регулирования движением поездов между СА и ПА;

в) с помощью радиомодемов между СА и ПА на станции;

г) по проводному ФМ каналу между СА соседних станций;

вывод на мониторы АРМ ДСЦП, ДСП информации в соответствии с таблицей 1.1;

– поддержку диалога между оператором и СА;

– поддержку базы данных, содержащую необходимую информацию для выполнения заданных функций;

– предотвращение несанкционированного доступа к АРМ с помощью бесконтактного устройства регистрации со смарт-карты;

В режиме дистанционного управления информационно-управляющая подсистема обеспечивает выполнение вышеуказанных функций за исключением функций управления, задаваемых от ЦП.

Подсистема диагностики программно-технических средств СА обеспечивает:

- безаварийную эксплуатацию СА при соблюдении установленного регламента обслуживания и ремонта «по состоянию»;

- обнаружение и регистрацию отказов компонентов СА с глубиной контроля до сменного блока;

- контроль работоспособности всех элементов и целостность цепей в резервированных каналах СА от АРМ до выходных цепей управления и контроль целостности базы данных;

- выдачу диагностических сообщений на АРМ электромеханика;

- подключение стандартных средств измерения и регистрации для проведения регламентных работ и углубленной диагностики аппаратуры.

Информационно-справочная подсистема СА КСД выполняет следующие функции:

- выдачу рекомендаций по действиям обслуживающего персонала в нестандартных ситуациях;
- выдачу по запросам ДСЦП, ДСП приказов и инструкций, регламентирующих деятельность персонала по безопасности движения, по расследованию несчастных случаев и т.д.;
- выдачу рекомендаций электромеханику по устранению неисправностей аппаратуры СА.

Подсистема протоколирования работы технических средств и действий обслуживающего персонала обеспечивает:

- ведение, просмотр на мониторах АРМ и хранение в течение рабочей смены протоколов работы технических средств и действий обслуживающего персонала;
- отдельное формирование протоколов действий ДСЦП, ДСП и электромеханика.
- хранение протоколов на жестких дисках АРМ.

Протоколы содержат данные, характеризующие состояние станционного оборудования, поездную обстановку, входные/выходные команды управления, информацию, принятую от ПА КСД, результаты диагностических процедур и информацию о действиях ДСЦП, ДСП и электромеханика;

- запись протоколов работы технических средств и действий обслуживающего персонала на магнитные носители;

- исключение возможности редактирования протоколов обслуживающим персоналом.

СА КСД является резервированной структурой, которая продолжает удовлетворять требованиям по безопасности при одиночном отказе оборудования. С этой целью все узлы СА КСД имеют либо тройное, либо двойное резервирование. При двукратном резервировании обязательно используются фрагменты безопасных схем с несимметричными отказами.

Возможность безопасной работы при одном отказе позволяет продолжать работу по управлению движением поездов до регламентированного перерыва, в течение которого будет произведен необходимый ремонт заменой соответствующего узла.

Структура СА КСД является иерархической и делится на три уровня. Линии связи (интерфейсы), разграничивая аппаратуру СА КСД на уровни, на самом деле интегрируют ее отдельные узлы в единую систему.

Третий – операторский уровень СА КСД с участием человека (оператора) в ее работе. К этому уровню относятся автоматизированные рабочие места дежурного станционного поста централизации и телеуправления, АРМ электромеханика и два устройства прибытия/убытия (УПУ) с радиомодемами РМ и датчиками ДПУ. «Представительский» уровень СА КСД (далее по тексту – уровень АРМ) заканчивается дублированным каналом обмена.

Второй уровень СА КСД представлен станционной цифровой вычислительной системой СЦВС, состоящей из трех вычислительных машин СЦВМ.

Первый (нижний) уровень СА КСД – уровень оконечных устройств, которые подключаются, с одной стороны, к двум CAN каналам, а с другой стороны - с помощью кабельной сети и согласующих устройств непосредственно к датчикам и исполнительным устройствам станции (стрелочным приводам, светофорам, рельсовым цепям, другому оборудованию метрополитена).

Связь между уровнем АРМ и уровнем СЦВС осуществляется по дублированному системному каналу обмена.

Связь между уровнем СЦВС и уровнем оконечных устройств СА КСД осуществляется по троированной системной управляющей шине, реализующей CAN-протокол обмена.

Входными данными для уровня АРМ являются:

- команды управления режимами и выполняемыми функциями СА КСД, поступающие от ДСЦП (режим дистанционного управления) или от поездного диспетчера линии с ЦП (режим диспетчерского управления);

- данные о поездной обстановке на станции (занятость рельсовых цепей, состояние оборудования СА КСД и оборудования станции, участвующего в управлении движением), поступающие от уровня СЦВС;

- результаты выполнения заданных функций, поступающие также от уровня СЦВС.

Выходными данными уровня АРМ являются кодированные команды управления маршрутами, стрелками и сигналами станции, поступающие на уровень СЦВС.

Входными данными для уровня СЦВС являются данные, поступающие с уровня АРМ, и данные о поездной обстановке на станции, поступающие с уровня оконечных устройств.

На основании обработки поступающих входных данных СЦВС вырабатывает для уровня оконечных устройств кодированные команды управления стрелками, светофорами, станционным оборудованием, а также блоки кодированной информации для формирования сигналов ФМК СА - АРСФ и КРЦФ в рельсовые цепи и ССФ для передачи на соседние станции.

В свою очередь, принятые от уровня оконечных блоков данные о поездной обстановке и результаты выполнения ранее заданных функций СА КСД от СЦВС передаются на уровень АРМ.

Уровень оконечных устройств обеспечивает непосредственное взаимодействие с объектами управления (стрелками, светофорами, станционным оборудованием, рельсовыми цепями и т.п.) по выдаче команд и сигналов и контролю их состояния.

Функционально и конструктивно СА КСД состоит из:



- аппаратура АРМ (оператора).

Предназначено для автоматизированного контроля и управления технологическим процессом движения поездов в зоне ответственности данной станции. Пользователями АРМ являются ДСЦП на станциях с путевым развитием или ДСП на станциях без путевого развития. В состав АРМ входят два ПК, работающие в режиме "горячего резервирования".



- аппаратуры контроля рельсовых цепей и межстанционного обмена на основе метода фазовой модуляции (аппаратура ФМК).

Основными задачами ФМК являются:

а) контроль состояния (занято/свободно) и контроль целостности рельсовых цепей (подсистема КРЦФ);

б) передача по РЦ команд допустимой скорости для управления поездной аппаратурой (подсистема АРСФ);

в) при необходимости, организация обмена информацией между соседними станциями о состоянии рельсовых цепей, светофоров и установленных маршрутах;

Дополнительные функции ФМК СА:

— обеспечение всех режимов работы и настройки рельсовых цепей, в частности, функция отключения встроенного полосового фильтра для измерения АЧХ собственно рельсовой цепи,

- функция автоматического измерения АЧХ рельсовых цепей при их настройке,

- аппаратная имитация занятости рельсовых цепей для упрощения проверки зависимостей АРСФ в период пусконаладочных работ,

- функция контроля изолирующих стыков и АЧХ рельсовых цепей в штатном режиме работы ФМК СА,



– **аппаратуры микропроцессорной централизации стрелок и сигналов МЦМ.**

Основной задачей МЦМ является обеспечение маршрутизированных передвижений составов с соблюдением условий безопасности;

МЦМ функционирует в режимах диспетчерского (задание функций управления МЦМ поездным диспетчером с центрального поста управления линией) или дистанционного (задание функций управления МЦМ дежурным по посту централизации со своего АРМ) управления.

МЦМ обеспечивает:

- установку, отмену поездных и маневровых маршрутов с полной проверкой условий безопасности,
- установку маршрутов с пониженными условиями безопасности (ложная занятость маршрутных или послемаршрутных секций, отказ разрешающего сигнала светофора, ограждающего маршрут) с организацией движения по пригласительному сигналу,
- индивидуальное управление стрелками, выключение стрелки из МЦМ, включение стрелки в МЦМ с полной проверкой условий безопасности или с пониженными условиями безопасности (ложная занятость стрелочных или предстрелочных секций),
- автоматическое размыкание маршрута после проследования поезда,
- искусственное размыкание маршрутов,
- переход станции на диспетчерское или дистанционное управление по команде поездного диспетчера,
- установку режима автоследования для поездных маршрутов станции,
- установку автоматических маршрутов (автооборот и режим зонного движения),
- установку направления движения по соединительным веткам двухстороннего движения,
- переключение светофоров станции в резервный режим работы "автоблокировка",
- установку и снятие экстренного запрета движения по главным путям станции,
- управление курбельным аппаратом станции,
- управление маршрутными индикаторами светофоров,
- снятие отказов устройств МЦМ по команде дежурного по станции после устранения причины, вызвавшей данный отказ,
- организацию информационного обмена между станцией и центральным постом управления линией,
- организацию информационного обмена с аппаратурой канала передачи информации методом фазовой модуляции (ФМК СА),
- организацию информационного обмена между аппаратурой МЦМ различных уровней СА КСД.



- аппаратуры АРМ электромеханика АРМ ШН.

Функции АРМ ШН:

- непрерывный мониторинг состояния аппаратуры СА и подключаемого к СА оборудования метрополитена.

- проведение углубленной диагностики аппаратуры СА КСД в случае возникновения неисправностей и при регламентном обслуживании;

– настройка аппаратуры ФМК, МЦМ и рельсовых цепей в процессе пусконаладочных работ;



- аппаратуры прибытия/убытия.

Предназначена для фиксации нахождения головного вагона в зоне ОПВ и радиообмена поезд станции.



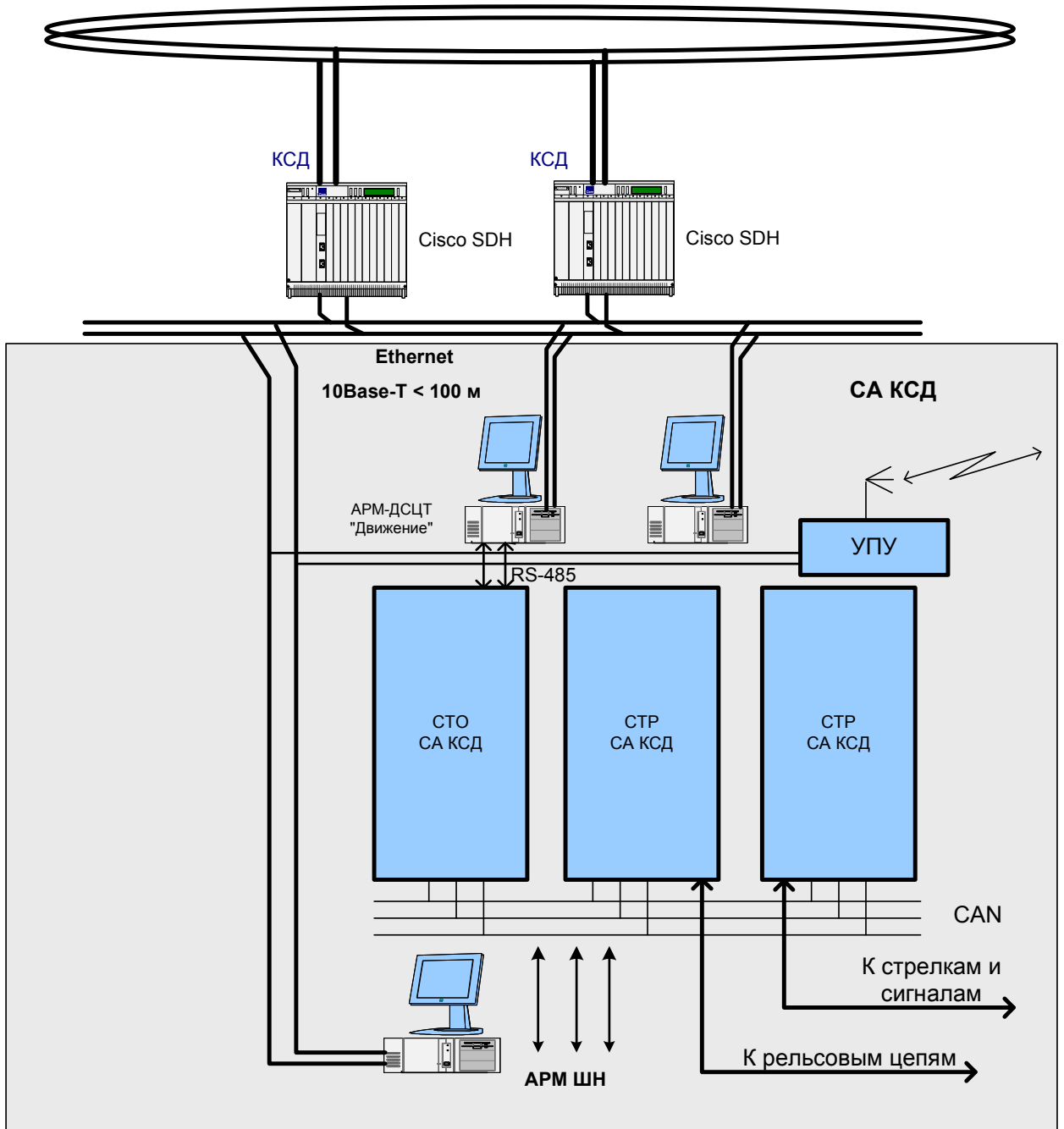
- устройств согласования аппаратуры СА КСД с объектами управления.

Ящики генератора стрелки (ЯГС) для подключения СА к стрелочным приводам (по числу стрелочных переводов), светофорные ящики ЯСТП (ЯСТЛ) (по числу светофоров) и трансформаторные ящики ЯТ (по числу точек подключения к рельсовым цепям) являются устройствами согласования аппаратуры СА КСД с объектами управления – стрелочными приводами, светофорами и рельсовыми цепями, соответственно.

Структурная схема СА КСД приведена на рис. 4

Практическая реализация.

Аппаратурой СА КСД оборудованы станции Казанского метрополитена, а также новые станции линии 5 Петербургского метрополитена.



СТО - стойка основная

СТО - стойка расширения

Рис.4 Структурная схема СА КСД.

III ПОЕЗДНАЯ АППАРАТУРА УПРАВЛЕНИЯ ДВИЖЕНИЕМ И ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ДВИЖЕНИЯ ЭЛЕКТРОПОДВИЖНОГО СОСТАВА - ПА.

ПА КСД предназначена для обеспечения безопасности движения и автоматизированного управления движением поездами метрополитена.

В настоящее время эксплуатируются три модификации ПА КСД:

ПА КСД - для управления электропоездом метрополитена с вагонами серий 81-717, 714.

ПА АТП – для управления электропоездом метрополитена с вагонами серии 81-55Х.3 с асинхронным тяговым приводом;

ПА-М - для управления электропоездом метрополитена с вагонами серии 81-717 и 81-540 с двигателями постоянного тока.

ПА обеспечивает 3 режима работы:

- режим автоведения (АВ);
- режим контроля скорости (КС);
- режим ограничения скорости (ОС).

ПА-М включает в себя следующие функциональные подсистемы:

- подсистема автоматизированного управления поездом (АУ);
- подсистема обеспечения безопасности движения поезда (БД);
- подсистема информационного обеспечения (ИО);
- подсистема контроля и диагностики (КД).

Подсистема АУ обеспечивает 3 режима работы:

– автоведения (АВ), при котором управление поездом осуществляется системой с возможности контроля со стороны машиниста, при этом реализуются следующие функции:

- прицельное торможение поезда с точностью ± 35 см при коррекции пройденного пути за ≈ 100 м и за ≈ 15 м до точки остановки поезда и с точностью ± 1 м при отсутствии коррекции;

- коррекция режимов ведения поезда на основании данных о реальных характеристиках поезда;

- возможность включения тягового и всех режимов торможения от контролера машиниста;

- расчет и включение ходового режима после сброса торможения по разрешению от подсистемы обеспечения безопасности и от машиниста;

- автоматическое закрывание дверей поезда на станции после подтверждения согласия машиниста.

– режим контроля скорости (КС), управление поездом осуществляется машинистом под контролем подсистемы обеспечения безопасности движения поезда с ограничением скорости движения по допустимой скорости V_d ;

– режим контроля скорости с ограничением (ОС), управление поездом осуществляется машинистом под контролем подсистемы обеспечения безопасности движения поезда с ограничением скорости движения до 20 (35)км/ч.

В режимах КС или ОС может использоваться «резервное управление».

Подсистема БД осуществляет:

– непрерывный контроль допустимой скорости и автоматическое торможение при превышении составом этой скорости;

– автоматическое торможение поезда до полной его остановки перед занятым участком пути, перед участком пути, на котором нарушена целостность рельсовой цепи, при нарушении приема сигнальных команд поездом, при превышении скорости и не подтверждении машинистом восприятия торможения;

– контроль эффективности торможения, и в случае его неэффективности, выдачу команды на экстренное торможение путем снятия питания с ЭПК;

– автоматическое прекращение торможения поезда после снижения скорости до предельно допустимой и подтверждения бдительности машиниста;

– невозможность движения поезда со скоростью более 20км/ч при нажатой педали бдительности при приеме команды, запрещающей движение, или при отсутствии частоты в рельсовой цепи;

– невозможность скатывания поезда после его остановки;

– выдачу машинисту информации о допустимой скорости;

– индикацию машинисту фактической скорости;

- ограничение пути осаживания (до 3 метров) на станциях закрытого типа;
- удерживание дверей в закрытом состоянии до выполнения условий их открывания;
- запрет на открывание дверей поезда при отсутствии разрешения от станции и «ненулевой» скорости поезда;
- запрет на открывание дверей поезда со стороны противоположной платформе и вне предусмотренной зоны остановки поезда;
- звуковую сигнализацию машинисту о наступлении расчетного времени отправления со станции, превышении допустимой скорости и при приближении фактической скорости состава к допустимой скорости.

Подсистема ИО осуществляет:

- поддержку базы данных (БД), содержащей всю необходимую информацию для выполнения своих функций подсистемами автоматизированного управления поездом и обеспечения безопасности движения;
- поддержку интерфейса «машинист-машина» на рабочем месте машиниста;
- предотвращение несанкционированного доступа к работе с ПА-М.

Подсистема КД обеспечивает:

- обнаружение отказа компонентов ПА-М с точностью до сменного модуля (блока);
- поступление информации об отказе компонентов в подсистему информационного обеспечения;
- локализацию неисправности в модуле (блоке) с точностью до сменной составляющей средствами внешнего контроля.

Деление на функциональные подсистемы носит условный характер, то есть в ПА-М нет отдельно взятого аппаратного или программного блока, реализующего конкретно какую-либо из перечисленных подсистем.

Реализация функциональных подсистем обеспечивается функциями аппаратных и программных средств ПА-М.

Функционирование и состав аппаратуры ПА на примере ПА-М.

Работа ПА-М, формирование и выдача команд управления производится по результатам обработки принятых сигналов и данных.

Входные сигналы, принимаемые ПА-М:

- от схемы управления поездом и органов управления машиниста;
- обратной связи о состоянии исполнительных устройств;
- по индуктивному каналу с рельсовых цепей о допустимой скорости движения: частотно-модулированные сигналы (ЧМ) или фазоразностной модуляции (ФРМ);
- от датчиков коррекции пути (ДКП);
- от реверсивных датчиков скорости (РДС).

Входные данные, принимаемые ПА-М:

- от терминала машиниста (идентификационные данные машиниста, параметры отправления, выбор режима индикации, выбор режима функционирования - рабочий режим, тестовый режим и режим работы при приемке состава в депо, выбор режима движения);

– поступающие по радиоканалу от стационарной аппаратуры (в том числе и параметры автотоведения);

- от поездной базы данных (БД).

Информация, хранящаяся в БД.

Характеристики перегонов:

- номер перегона;
- длина перегона в метрах;
- количество отражателей на перегоне;
- координаты расположения отражателей по перегонам (тип коррекции по пройденному пути, тип коррекции по оставшемуся пути, координата отражателя на перегоне, координата включения ДКП);
- начало и конец зоны открытия дверей на обороте (м);
- признак ночного отстоя на перегоне;
- станционный путь (отсутствует или, если есть, то номер пути);
- время 1-го и 2-го включения двигателей по режимам ХОД 1, 2 или 3 в циклах 0,1 с;

- координата (в м – оставшийся путь до следующего перегона) зоны 2-го включения двигателей (1, если нет 2-го включения);
- координата конца зон 1-го и 2-го включения;
- минимальное, номинальное и максимальное время хода по перегону в с;
- профиль пути перегона (координата точки перелома (оставшейся путь), величина уклона в тыс.);
- номинальные значения скоростей при движении по перегонам по участкам по 100 м;
- номер записи, с которой начинаются записи по пикетам на данном перегоне;
- количество пикетов на перегоне;
- номер записи, с которой начинаются записи по РЦ на данном перегоне;
- количество РЦ на перегоне;
- максимальное количество точек перелома профиля на перегоне.

Характеристики станций:

- код станции;
- тип станции (конечная, промежуточная, с путевым развитием, без путевого развития, закрытый или открытый тип);
- сторона открытия дверей по 1-му и 2-му пути;
- характеристики оборотов по с 1-го по 6-й путь станции;
- исходный путь зонного оборота;
- номинальные времена стоянки по 1-му и 2-му пути;
- граница зоны ОПВ по 1-му и 2-му пути;
- передняя граница зоны открытия дверей по 1-му пути;
- задняя граница зоны открытия дверей по 1-му пути;
- передняя граница зоны открытия дверей по 2-му пути;
- задняя граница зоны открытия дверей по 2-му пути;
- номера перегонов станции предыдущих и последующих по каждому пути;
- номер пути зонного оборота;
- переход на станционный путь (нет перехода, переход с 1-го пути, переход со 2-го пути, переход с любого пути);
- признак коррекции бандажей (нет, на 1-м пути, на 2-м пути, на обоих путях);
- переход на другую линию с 1-го и 2-го путей (номер линии перехода, код станции перехода, номер пути перехода, номер перегона при переходе).

Характеристики линий:

- код первой станции на линии;
- код последней станции на линии;
- код линии;
- количество станций на линии;
- код депо в начале линии;
- код депо в конце линии;
- характеристики мерных участков по головному вагону (код станции, номер пути, координата включения ДКП М, расстояние между отражателями в м, координата включения задачи коррекции бандажа);
- характеристики мерных участков по хвостовому вагону (код станции, номер пути, координата включения ДКП, расстояние между отражателями в м, координата включения задачи коррекции бандажа).

Характеристики оборотов:

- код станции оборота;
- номер пути оборота на станции;
- номера перегонов в тупик;
- номера перегонов из тупика;
- начало зоны открытия дверей на обороте (м);
- конец зоны открытия дверей на обороте (м).

Характеристики рельсовых цепей:

- номер перегона;
- данные по РЦ (номер рельсовой цепи, координата рельсовой цепи – оставшейся путь до следующего перегона в м).

Характеристики пикетов:

- номер пикета;
- данные по пикетам (номер пикета, координата пикета – оставшейся путь до следующего перегона в м).

По результатам обработки принятых сигналов и данных формируются сигналы (команды), выдаваемые ПА-М в схему управления поездом (управления двигателями, пневматическими дверьми поезда, пневматическими тормозами состава).

Выходные данные, выдаваемые ПА-М:

- информация, отображаемая на экране ТМ в различных режимах работы ПА-М;
- пакеты данных для передачи по радиоканалу.

Во время функционирования система ПА-М осуществляет постоянный контроль поездного оборудования и правильности выдачи команд.

Двухканальный комплект ПА-М (на голову) состоит из следующих основных конструктивно-функциональных устройств:



- стойка (СТ);



- блок терминала машиниста (ТМ);



- соединители клеммные коммутационные (СК-К) и управления (СК-У);

- датчик коррекции пути (ДКП М);
 - блок управления ЭПК (БУЭ);
 - 2 реверсивных датчика скорости (РДС);
 - радиомодем SATELLINE 3AS/Epic (PM);
 - антенно-фидерное устройство радиосвязи (АФУ РМС);
- Антенна, соединенная с радиомодемом, установлена на крыше вагона
- ТМ – и датчики ДКП М размещаются в кабине машиниста.
Датчики РДС – в люках редукторов на первой тележке
Остальное оборудование - размещается в аппаратном отсеке.

Практическая реализация.

В 1998-2001г.г. аппаратурой ПА КСД были оснащены 70 электропоездов серии 81-717, 717 линии 2 Петербургского метрополитена. Эксплуатация продолжается по настоящее время.



В 2005г. аппаратурой ПА АТП были оснащены поезда серии 81-55Х.3 с асинхронным тяговым приводом Казанского метрополитена.



В 2008-20010г.г. аппаратурой ПА-М оснащены 50 электропоездов серии 81-717 и 81-540, в том числе серийно изготавливаемые, линии 5 Петербургского метрополитена.



195256, Россия
г. Санкт-Петербург
пр. Непокоренных, д. 47, лит. А
Тел. (812) 535-17-00
Факс (812) 535-83-74
E-mail: kudr@niitm.spb.ru
www.niitm.spb.ru