

Минский метрополитен. Путь систем, обеспечивающих безопасность движения поездов, от аналогового оборудования до комплексной микропроцессорной централизации

Аннотация: рассматривается практический опыт реконструкции и модернизации системы сигнализации, централизации и блокировки на Минском метрополитене, проблемы интеграции новых объектов с действующими, а также вопросы, возникающие при проектировании автоматизированных систем управления движением поездов метрополитена и способы их решения.

Ключевые слова: реконструкция и модернизация устройств СЦБ, автоматизированная система управления движением поездов, расчеты пропускной способности, двери автоматические станционные, автоведение.

1. Введение

История первой подземной железной дороги в мире насчитывает более 150 лет с момента своего появления. Конечно, открытие новых станций в нынешнее время не вызывает тех эмоций, которые испытывали первые пассажиры подземки. Что касается роли метрополитена для современного жителя мегаполиса, то она многократно возросла, превратившись из элемента некоего чуда и развлечения в основной вид общественного транспорта, без которого невозможно представить жизнь людей в больших городах XXI века. За указанный период в международном пространстве построены сотни мет-

рополитенов, при этом каждый из них имеет свои особенности и обладает рядом уникальных свойств и характеристик. На эту тему написано множество публикаций и научных статей, что касается Минского метрополитена, такой информации достаточно мало, особенно в части систем обеспечения безопасности движения поездов.

2. Первые шаги к цифровизации

Почти половину жизненного цикла, а это без малого почти 20 лет, основными вопросами проектирования и модернизации систем автоматики и телемеханики движения поездов (АТДП) в Минском метрополитене занимается ОАО «НИПИИ «Ленмет-

рогипротранс». В 2005–2006 годах с ОАО «Минскметропроект», выступавшим в роли генерального проектировщика, был заключен первый договор на оснащение устройствами сигнализации, централизации и блокировки (СЦБ) новых станций 1-й линии «Восток» и «Уручье». На тот момент в качестве основной эксплуатируемой системы электрической централизации (ЭЦ) выступала маршрутно-релейная централизация (МРЦ), которая, как и диспетчерская централизация (ДЦ), автоматическая блокировка (АБ) и автоматическая локомотивная сигнализация с автоматическим регулированием скорости (АЛС-АРС) была построена на аналоговой базе (рисунок 1).

Именно в период 2005–2006 годов в Минском метрополитене был сделан первый шаг к цифровизации устройств СЦБ, в качестве ДЦ была предусмотрена система диспетчерской централизации на микропроцессорной элементной базе (ДЦМ), которая до этого успешно применялась специалистами ОАО «НИПИИ «Ленметрогипротранс» на Петербургском метрополитене.

Следует отметить, что проблемы устаревания оборудования, описанные в [1] уже тогда в полной мере заботили минчан. Работники метрополитена и ОАО «Минскметропроект» приняли решение о необходимости модернизации действующих устройств. В те же года для станций 1-й линии «Октябрьская» и «Московская» был выполнен проект по за-

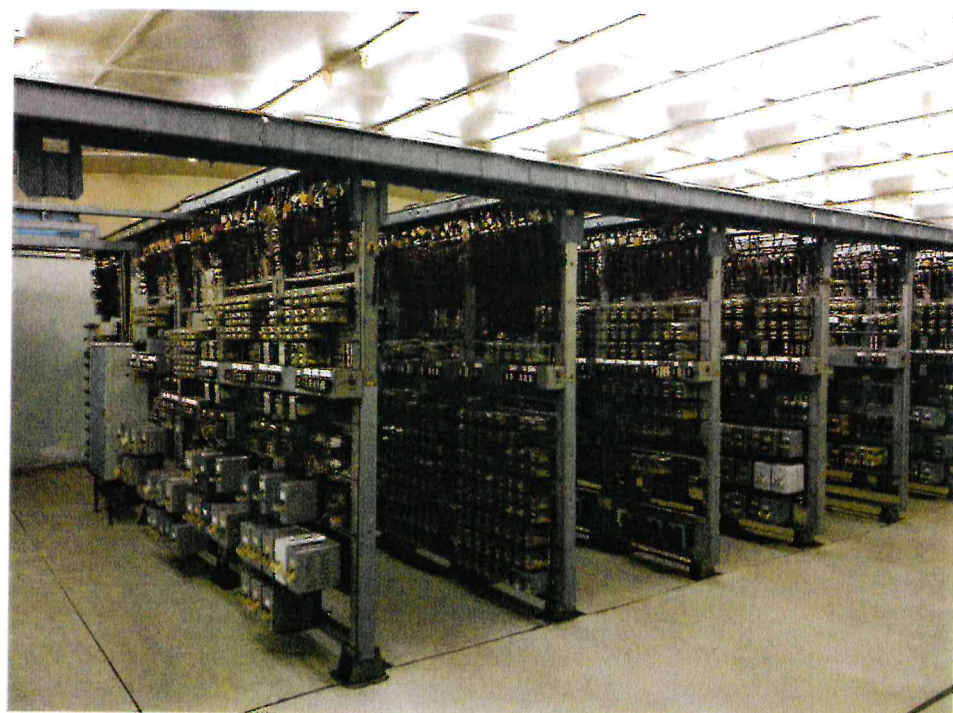
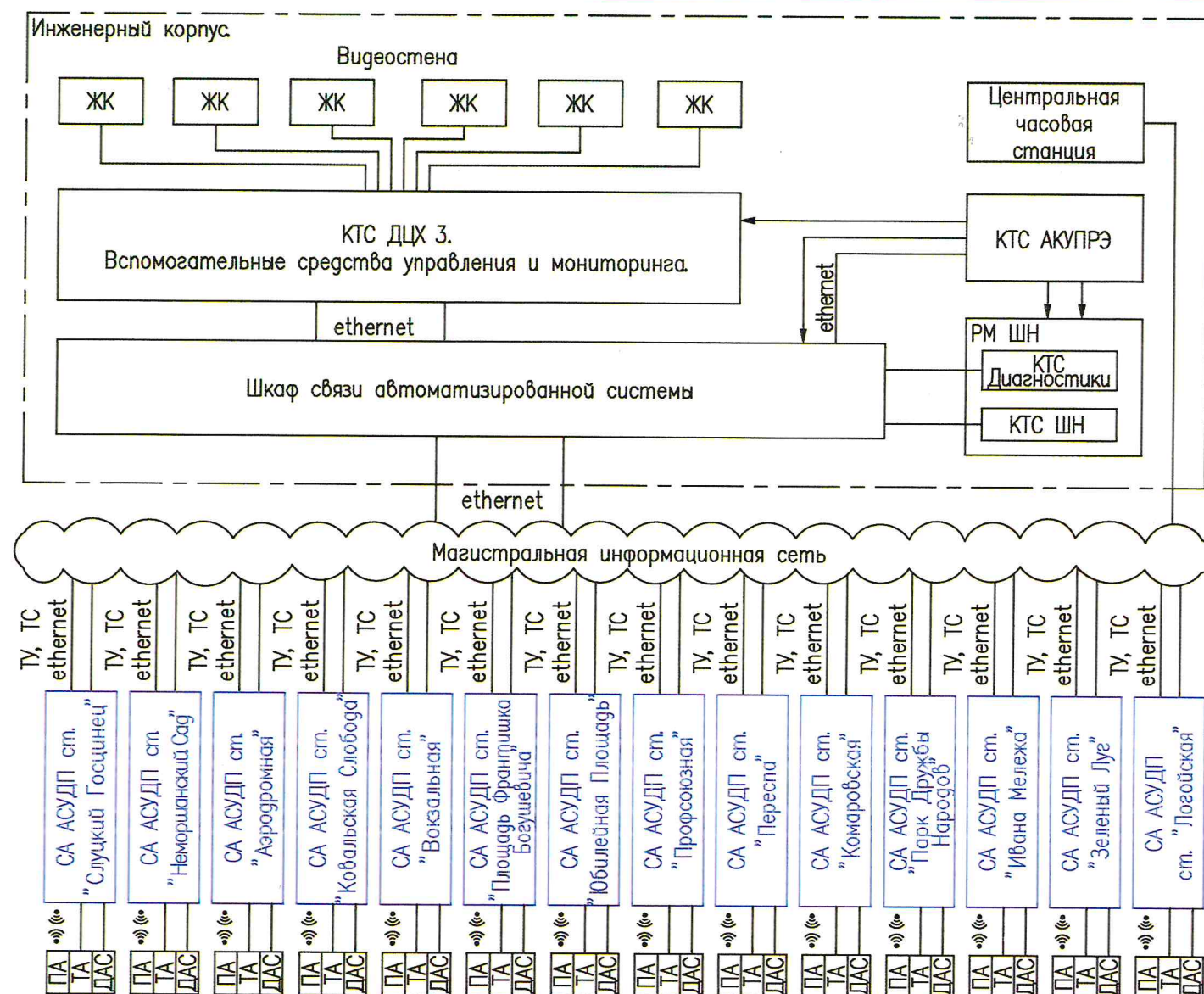


Рис. 1. Аппаратура СЦБ на аналоговой элементной базе



1. Принятые сокращения и условные обозначения:

- 1.1. АКУПРЭ – аппаратура контроля и управления подачи резервной электроэнергии;
- 1.2. КТС – комплекс технических средств;
- 1.3. ПА – поездная аппаратура;
- 1.4. РМ – рабочее место;
- 1.5. СА – станционная аппаратура;
- 1.6. ТА – тоннельная аппаратура;
- 1.7. ТС – телесигнализация;
- 1.8. ТУ – телеуправление;
- 1.9. ШН – электромеханик службы Сигнализации и связи;
- 1.10. ☎ – беспроводная передача данных.

Рис. 2. Структура комплексной системы управления движением поездов

мене аналоговой ДЦ с громоздкими пультами-табло на ДЦМ с автоматизированными рабочими местами для дежурного по станции и электромеханика, что привело к увеличению емкости по сигналам телеуправления, телесигнализации, высвобождению свободных площадей в релейных, повысило культуру обслуживания, упростило эксплуатацию оборудования. Основной проблемой на тот мо-

мент была необходимость введения в действие ДЦМ без закрытия движения поездов. Для решения этих вопросов проектировщиками была разработана технология переключения, которая позволила осуществить плавный переход на новые решения. Более подробно вопросы технологии переключения рассмотрены в [2]. Согласно заданию на проектирование в 2008 году ОАО «НИПИИ

«Ленметрогипротранс» приступил к разработке раздела АТДП для станций «Институт Культуры», «Грушевка», «Петровщина», «Малиновка», расположенных на участках продления 1 линии. Проектные решения для этих станций концептуально отличались от ранее спроектированных и хорошо зарекомендовавших себя решений по станциям «Восток» и «Уручье».

3. Переход на новый уровень

После пуска новых станций 1-й и 2-й линии Мингорисполком поставил проектировщикам и метростроителям амбициозные задачи – построить новую 3-ю линию метрополитена с применением современных технологий и максимальным уровнем автоматизации. В первый пусковой комплекс ОАО «Минскметропроект» включил новые 4 станции («Юбилейная площадь», «Площадь Францишка Багушевича», «Вокзальная» «Ковальская слобода»), инженерный корпус, соединительную ветку со 2-й линией. На момент привлечения ОАО «НИПИИ «Ленметрогипротранс» к решению поставленных задач в 2017 году ОАО «Минскметропроект» уже была выдана документация по автоматизированной системе управления движением поездов (АСУДП), но для достижения обозначенных целей потребовалась их доработка в сжатые сроки по следующим пунктам:

- повышение уровня автоматизации ведения подвижного состава за счёт изменения структуры комплекса, в том числе в сегменте добавления новых функций АСУДП по управлению, сигнализации и контролю автоматическими станционными платформенными дверьми (ДАС);
- проработка взаимной увязки между четырьмя независимыми друг от друга программно-аппаратными комплексами разных производителей, в том числе иностранного производства;
- оптимизация расчётов пропускной способности и расстановки сигнальных точек АЛС-АРС и АБ (РПС);
- интеграция новых решений по 3-й линии с существующей 2-й линией, организованной на базе аналоговых устройств.

В дальнейшем планировалось оборудовать АСУДП весь 1 и 2 участок 3-й линии, состоящие в общей сложности из 14 станций. Основываясь на поставленных задачах и задании на проектирование, ОАО «НИПИИ «Ленметрогипротранс» предложил структуру комплексной системы управления движением поездов, показанную на рисунке 2.



Рис. 3. Станция, оснащенная ДАС

3.1 Повышение уровня автоматизации

Согласно ГОСТ Р 70059–2022 уровень автоматизации системы определяется выполняемыми функциями. Решение по дополнению комплекса управления движением поездов для станций 3-ей линии Минского метрополитена автоматическими станционными платформенными дверьми (показан на рисунке 3) повысило уровень безопасности и автоматизации системы в части выполнения следующих функций:

- предотвращение столкновения с препятствиями, наездов на людей и животных до УА4 (в зоне платформы);
- управление ДАС для посадки и высадки пассажиров до УА4;
- контроль отсутствия людей между вагонами или между платформой и поездом до УА4 (в части контроля свободного пространства между вагонами и платформой и свободности дверных проёмов).

3.2 Вопросы взаимной увязки

На основании действующего законодательства Республики Беларусь заказчиком были проведены конкурсные процедуры на закупку оборудования станционного уровня, центрального поста, бортовой аппаратуры, входящей в комплект поставки подвижного состава, ДАС по результатам которых право на поставку оборудования выиграли четыре независимых производителя, два из которых ранее не имели опыта увязки своих систем с перечисленными. Необходимо отметить ещё один услож-

няющий фактор, все перечисленные позиции ранее не эксплуатировались на Минском метрополитене и требовали адаптации под местное нормативное законодательство. К решению поставленных задач ОАО «НИПИИ «Ленметрогипротранс» приступил, опираясь на большой опыт проектирования, полученный в метрополитене Санкт-Петербурга по станционным системам автоматического ведения подвижного состава, увязке МПЦ и ДЦ разной архитектуры, ДАС. Институтом, помимо проектной документации по указанным на рисунке 2 системам, были разработаны основы алгоритмов взаимодействия систем, выполнен анализ соответствия техническим требованиям. В итоге все решения были взаимоувязаны между собой совместно с ОАО «Минскметропроект» и производителями оборудования.

3.3 Оптимизация РПС

Дополнение АСУДП функциями управления и контроля ДАС потребовало доработки расчёта пропускной способности и расстановки сигнальных точек АЛС-АРС и АБ для возможности обеспечения безопасного функционирования также и в случае внештатных ситуаций. Кроме того, Минским метрополитеном были одобрены предложения ОАО «НИПИИ «Ленметрогипротранс» по росту комфорта пассажиров в части улучшения плавности хода и усилению безопасности движения при проезде подвижным составом стрелочных переводов по отклонению на линии.

Результат был достигнут за счёт расширения стандартного количества пороговых скоростей движения поезда по АЛС-АРС («80», «70», «60», «40», «0») на две позиции «50» и «35».

3.4 Интеграция новой линии метрополитена в действующую

Требования нормативной документации обязывают проектировщиков обеспечить живучесть метрополитена путём врезки соединительных веток между линиями. 3-я линия Минского метрополитена на момент проектирования 1-го участка предполагала пересечение со 2-й линией, что и сыграло свою роль при определении примыкания соединительной ветки. ОАО «Минскметропроект» было решено связать станцию «Францишка Багушевича» 3-й линии со станцией «Фрунзенская» 2-й линии, находящейся в эксплуатации. В связи с появлением новых маршрутов, стрелочного перевода, светофоров, аппаратуры увязки с новым участком оборудование ДЦ станции «Фрунзенская», спроектированное в 80-х годах прошлого века, нуждалось в расширении своего функционала. Однако, по результатам обследования выяснилось, что добавление всего необходимого перечня сигналов управления и контроля для действующей системы оказалось невозможным. Целесообразнее в сложившейся ситуации было заменить аналоговую ДЦ на микропроцессорную. Проблемой в этой ситуации было то, что средств на переоснащение ДЦ всей линии не выделялось, при этом возникла необходимость на центральном посту выполнить сопряжение аналоговой ДЦ с микропроцессорной, выделить каналы связи, и при всём перечисленном обеспечить пуск с минимально возможной остановкой перевозочного процесса.

ОАО «НИПИИ «Ленметрогипротранс» были привлечены специалисты, имеющие опыт нестандартной интеграции различных ДЦ, и совместными усилиями разработаны технические решения по сопряжению действующих устройств 2-й линии с новым серверным оборудованием центрального поста, позволяющим в дальнейшем постепенно перевести всю диспетчерскую централизацию линии на микропроцессорное оборудование.

Вторая проблема заключалась в минимизации времени закрытия участка линии для пассажиров. Для решения этого вопроса был составлен подробный план производства работ по переключению. Далее представлены его основные этапы:

- 1) Монтаж и пуско-наладочные работы (ПНР) нового оборудования на ЦП;
- 2) демонтажные работы по действующей ДЦ на центральном посту;
- 3) установка полного комплекта оборудования ДЦМ на ст. «Фрунзенская» с программным обеспечением (ПО) под действующее путевое развитие и маршрутизацию;
- 4) установка шкафа переключения и вывод монтажа на него от действующей и новой ДЦ, а также от МРЦ;
- 5) ПНР ДЦМ для действующего путевого развития и маршрутизации с возможностью переключения на аналоговую систему ДЦ;
- 6) монтаж нового постового и напольного оборудования МРЦ (стрелка, светофоры, рельсовые цепи, стати́вы, схемы увязки и др.);
- 7) установка и проверка ПО ДЦМ на ЦП и на ст. «Фрунзенская», включающее в себя сигналы ТУ и ТС новой стрелки, новых светофоров и РЦ, другую информацию в соответствии с таблицей распределения кодов ст. «Фрунзенская». ПНР.
- 8) демонтаж пультов дежурного по станции, ШН и ДЦ «Минск» ст. «Фрунзенская».

4. Заключение

Благодаря применению современных технологий при проектировании 3-й линии Минский метрополитен на сегодняшний день в части систем, обеспечивающих движение поездов и их автоматическое ведение, является одним из самых автоматизированных, одновременно безопасным и комфортным на всем пространстве СНГ. При этом следует отметить, что выполнения поставленных задач в условиях сжатых сроков проектирования и ограничений, связанных с распространением коронавирусной инфекции, удалось добиться за счёт следующего:

- высокая квалификация инженерного состава и слаженная работа специалистов ОАО «Минскметропроект», ОАО «НИПИИ «Ленметрогипротранс», ГП «Минский метрополитен», производителей оборудования;
- использование передовых методов проектирования, в том числе изложенных в [3];
- применение системы автоматизации расчётов, основанных на использовании единой базы данных (БМТ), описанной в [4].

В дальнейшем, реализованные технические решения при формировании нормативной базы, касающейся организации автоматического ведения подвижного состава в условиях метрополитена, позволят путём несложной доработки обеспечить максимально возможный уровень автоматизации – УА4.

Д.А. Пентегов
И.В. Культин
А.С. Терехов

ОАО НИПИИ «ЛЕНМЕТРОГИПРОТРАНС»
Россия, 191002, Санкт-Петербург,
ул. Б. Московская, д. 2.
E-Mail: DPentegov@imgt.ru
ОАО «МИНСКМЕТРОПРОЕКТ»
Республика Беларусь, 220088
г. Минск, ул. Соломенная, д. 13

Список использованных источников

1. И. В. Культин, Е. В. Симаков, С. А. Жуков, Д. А. Пентегов. Проблемы модернизации систем автоматики и телемеханики движения поездов в условиях действующего метрополитена // Метро и тоннели. 2016. № 6. С. 75–76.
2. Д. В. Ефанов, С. А. Жуков, Е. В. Симаков, Д. А. Пентегов, М. В. Феклистова. Технологии переключения средств автоматики и телемеханики движения поездов в метрополитенах при внедрении комплексных систем управления // Автоматика на транспорте. 2022. № 1. С. 17–35.
3. И. Э. Кудашев, П. Е. Булавский, О. К. Ваисов, Д. А. Пентегов. Формализация процесса проектирования систем автоматики и телемеханики для метрополитена // Автоматика, связь, информатика. 2022 №1. С. 20–24.
4. С. Ю. Козлов, А. А. Лянда, Д. А. Пентегов, И. А. Сиваков. Автоматизация расчетов при проектировании систем тягового энергоснабжения и систем АТДП // Метро и тоннели. 2022 № 1. С. 35–38.