

Автоматизация проектирования

УДК 004.896+656:25

**М. Н. Василенко, д-р техн. наук,
Д. В. Зуев,
Д. В. Седых**

Кафедра «Автоматика и телемеханика на железных дорогах»,
Петербургский государственный университет путей сообщения
Императора Александра I

М. А. Гордон

Институт «Гипротрансигналсвязь» — филиал АО «Росжелдорпроект»

РАЗРАБОТКА И ВНЕДРЕНИЕ СРЕДСТВ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ СИСТЕМ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ АВТОМАТИКИ И ТЕЛЕМЕХАНИКИ

В настоящее время процесс проектирования современных систем железнодорожной автоматизации и телемеханики невозможно представить без использования систем автоматизированного проектирования. Идеи по автоматизации проектирования начали возникать с появлением первых вычислительных систем и электронных вычислительных машин еще в конце 1950-х гг. в головном институте Советского Союза по проектированию систем автоматизации и телемеханики «Гипротрансигналсвязь». Основные принципы построения систем автоматизированного проектирования железнодорожной автоматизации и телемеханики разработаны учеными Ленинградского института инженеров железнодорожного транспорта и опубликованы в 1990 г., а результаты внедрения первого автоматизированного рабочего места проектировщика подробно приведены в статье 1987 года. В последнее время в связи с развитием компьютерных технологий стало возможным реализовывать технологию «сквозного проектирования». В настоящее время основными системами автоматизированного проектирования железнодорожной автоматизации и телемеханики, поддерживающими эту технологию, являются «Корпоративная автоматизированная система проектирования устройств системы централизации, блокировки и связи» разработки ОАО «Росжелдорпроект», Интегрированные системы проектирования и ведения технической документации Петербургского государственного университета путей сообщения и группы компаний «ИМСАТ» и «Комплекс САПР принципиальных и монтажных схем устройств системы централизации, блокировки» ООО «Сигналстройпроект».

автоматизированное проектирование; железнодорожная автоматизация и телемеханика; сигнализация, централизация и блокировка; техническая документация

Введение

Основной задачей по совершенствованию современных транспортных систем является создание и внедрение автоматизированных комплексов

управления железнодорожными технологическими процессами. Эти комплексы представляют собой сложные системы, состоящие из ряда подсистем: 1) объекты управления – поезда, составы, подлежащие расформированию, а также отдельные отцепы, локомотивы; 2) напольное технологическое оборудование для непосредственного управления движением поездов – стрелочные приводы, светофоры, рельсовые цепи, датчики счета осей, замедлители и т. п.; 3) постовое технологическое оборудование, располагаемое на постах электрической, диспетчерской и горочной автоматической централизации (ЭЦ, ДЦ, ГАЦ), в релейных шкафах, релейных будках и транспортабельных модулях и реализующее функции обеспечения безопасности движения поездов и облегчения условий работы операторов; 4) бортовое оборудование, размещенное на локомотивах и электропоездах и реализующие функции слежения за действиями управляющего поездной единицы персонала и автоматического влияния на управление механизмами движущейся единицы – системы автоматической локомотивной сигнализации (АЛСН, ГАЛС, МАЛС), системы автоматического управления тормозами (САУТ-Ц, САУТ-ЦМ, САУТ-ЦМ/НСП), комплексы локомотивных устройств безопасности (КЛУБ, БЛОК) и т. п.; 5) управляющий вычислительный комплекс, использующийся для решения задач информационного обеспечения и оптимизации управления движением; оперативно-диспетчерское оборудование, обеспечивающее взаимодействие технических средств с оперативным персоналом – пульты, табло, автоматические рабочие места (АРМ) ДСП, ДНЦ, маневровые колонки, всевозможные щитки управления и т. п.; 6) оперативный персонал – дежурные по станции, поездные диспетчеры, дежурные по горке, маневровые диспетчеры, дежурные по переезду, машинисты локомотивов и др. [1–4].

Управление технологическими процессами, такими как график движения поездов и маневровые передвижения, обеспечивается благодаря взаимодействию всех указанных подсистем.

1 Актуальность задачи автоматизированного проектирования

Учитывая непрерывный круглосуточный характер работы железнодорожного транспорта, следует отметить, что из всех видов управления движением поездов наиболее важным является оперативное управление при помощи систем железнодорожной автоматики и телемеханики (ЖАТ).

Системы ЖАТ постоянно совершенствуются, отвечая на новые требования по обеспечению безопасности, расширению функциональности и внедрению новых технологий. В связи с этим остро стоит вопрос о создании систем автоматизированного проектирования железнодорожной автоматики и телемеханики.

Актуальность разработки и внедрения систем автоматизированного проектирования ЖАТ в проектных организациях и на предприятиях ОАО «РЖД» объясняется следующими причинами:

- необходимостью перехода всей сигнализации, связи и вычислительной техники на новые информационные технологии в области разработки, проектирования, внедрения и эксплуатации всех систем управления на железнодорожном транспорте;

- широтой внедрения систем железнодорожной автоматики и телемеханики на сети дорог ОАО «РЖД» и связанными с этим большими масштабами проектных работ по их совершенствованию, замене и модернизации;

- высокой долей нетворческих (репродуктивных, рутинных) работ в общем балансе рабочего времени инженеров-проектировщиков, обладающих высокой квалификацией;

- длительными сроками разработки и ввода в промышленную эксплуатацию проектов новых систем железнодорожной автоматики;

- низким качеством проектов железнодорожной автоматики, разрабатываемых традиционными методами даже для типовых проектных решений;

- отсутствием в большинстве проектов трудоемких разделов по оценке и проверке работоспособности, надежности и безопасности железнодорожной автоматики;

- отсутствием документации на проект на машинных носителях;

- сложностью разработки без средств синтеза новых систем железнодорожной автоматики на основе микропроцессорной и вычислительной техники, программного управления.

Необходимость внедрения систем автоматизированного проектированного ЖАТ продиктована требованиями повышения конкурентоспособности и эффективности отрасли в соответствии с мировыми стандартами.

2 Первые шаги

Первой отечественной попыткой в области автоматизации систем ЖАТ была разработка в 1959–1960 гг. Р.И. Строгим в институте «Гипротрансигнализация» универсального аппарата для тяговых расчетов. Однако данный аппарат был изготовлен в единственном экземпляре и по ряду технических причин не был пригоден для постановки на производство. Реальные разработки в области систем синтеза, в том числе систем автоматизации проектирования ЖАТ, начались с появлением вычислительной техники. Начиная с 1966 г. в институте «Гипротрансигнализация» группой под руководством Б.Н. Титова были разработаны и внедрены 39 программ для ЭВМ типа «Проминь». С 1970 г. было разработано более 50 программ для ЭВМ «Наири-2», решающих сложные задачи инженерного и экономического характера. Но эти машины позволили ав-

томатизировать лишь некоторые расчеты, повысили их точность, хотя и не позволили автоматизировать наиболее трудоемкие процессы проектирования [5].

Одной из наиболее трудоемких работ, не требующих высокой квалификации проектировщиков, является составление монтажных схем электрической централизации. И если на малых станциях можно сократить трудозатраты на выполнение во многом «механического» переписывания адресов с принципиальных на монтажные схемы за счет применения «типовых» стативов, то для крупных станций это оставалось большой проблемой. Особенно тяжело приходилось тогда, когда требовалось в короткий срок выполнить монтажные схемы крупной станции. На одну станцию не представлялось возможным привлечь работников для выполнения монтажных схем из-за ограниченности площадей размещения.

Решить проблему составления монтажных схем на ЭВМ взялся «Киевгипротранс» (И. П. Логвиненко), который при участии Украинской Академии наук разработал первую программу на ЭВМ «Урал». В начале 1970-х гг. собственную программу для составления монтажных схем ЭВМ БЭСМ-4 разработал институт «Гипротрансигналсвязь» (И. Е. Фукс, П. П. Иванов). В 1976 г. институт вводит в действие собственную ЭВМ ЕС-1020 и впоследствии создает собственный вычислительный центр (Д. И. Волков) [5].

Одновременно с вводом в действие ЭВМ ЕС-1020 И. Е. Фукс и Р. Ш. Карлинский в «Гипротрансигналсвязи» приступили к разработке программного комплекса «Автоматизированная система монтажа стативов электрической централизации», рассчитанного на применение ЭВМ единой серии ЕС, и завершили ее в 1986 г. В том же году вместо ЭВМ ЕС-1020 была введена более мощная ЭВМ ЕС-1045. Программный комплекс был доведен до уровня промышленного применения и распространен среди проектных организаций МПС, Министерства транспортного строительства и Госстроя СССР. Недостатком программного комплекса была необходимость «ручной» доработки монтажных схем, а также «ручной» проверки выполненного монтажа [5].

Новым переломным этапом автоматизации проектирования явился переход на использование персональных компьютеров класса IBM PC/AT. Три комплекса автоматизации проектирования продолжают существовать и применяться в настоящее время.

3 Интегрированная система проектирования и ведения технической документации

Начиная с 1980-х гг. в ЛИИЖТе (ныне ФГБОУ ВО ПГУПС) специалистами кафедры «Автоматика и телемеханика на железных дорогах» осуществлялись теоретические исследования, разработки и внедрения в области систем автоматизированного синтеза.

В 2005 г. с целью повышения эффективности научных разработок в области САПР сигнализации, централизации и блокировки (СЦБ) на базе ПГУПС был образован Научно-технический центр систем автоматизации проектирования (НТЦ САПР) (руководитель – д-р техн. наук М. Н. Василенко). Основными научными и практическими направлениями центра являются:

- разработка программного обеспечения АРМ инженеров-проектировщиков устройств СЦБ (АРМ-ПТД) (внедрено более 600 АРМ-ПТД в 40 проектных организациях ОАО «РЖД»);

- разработка и внедрение АРМ ведения технической документации (АРМ-ВТД) для инженеров групп технической документации служб АТ и дистанций СЦБ (внедрено более 2500 рабочих мест на 16 железных дорогах).

Результатом работы НТЦ САПР явилось научное обоснование принципов построения систем автоматизации проектирования ЖАТ и разработка Интегрированной системы проектирования и ведения технической документации (ИСПВТД). ИСПВТД состоит из комплекса подсистем, начиная от систем автоматизированного проектирования до систем ведения технологического документооборота.

ИСПВТД, разработанная совместно НТЦ САПР ПГУПС и группой компаний «ИМСАТ», представляет собой совокупность АРМ, обеспечивающих автоматизацию интеллектуальной деятельности пользователей ОАО «РЖД» при решении задач проектирования, ведения, сопровождения, проверки, контроля качества, организации электронного документооборота и электронной подписи технической документации. В частности, ИСПВТД включает совокупность АРМ-ПТД [6–8], АРМ-ВТД [9–11], АРМ-ТЕСТ [12] и ряд других АРМ, работающих в едином отраслевом формате технической документации и реализующих современные ресурсосберегающие технологии обработки технической документации в электронном виде (рис. 1).

Основной составляющей ИСПВТД для задач проектирования является АРМ-ПТД. Текущая версия АРМ-ПТД – версия 6.0 [6]. АРМ ПТД обеспечивает выполнение всех функций проектирования и содержит новые решения и модули, обеспечивающие высокий уровень автоматизации режима реконструкции и модернизации действующих систем и устройств ЖАТ. АРМ-ПТД – комплекс взаимосвязанных программ (модулей) и баз данных, целью разработки и использования которых является автоматизация процесса проектирования.

АРМ-ПТД является инструментом, позволяющим повысить качество и сократить сроки выполнения проектов за счет автоматизации различных проектных операций и выявления некоторых технических ошибок, допускаемых во время проектирования. В настоящее время базовые модули АРМ-ПТД позволяют создавать следующие основные части проекта:

- общие данные;
- схематический план станции;

- таблицу взаимозависимости;
- двухниточный план станции;
- кабельные сети станции;
- спецификацию напольного оборудования;
- принципиальные схемы;
- внешний вид аппарата управления;
- план размещения технологического оборудования;
- монтажные схемы стативов;
- монтажные схемы релейных шкафов;
- монтажные схемы аппарата управления;
- внутривитовую сеть питающего кабеля;
- внутривитовую соединительную кабельную сеть;
- спецификации релейных и кроссовых стативов;
- заказные спецификации;
- путевой план перегона.

АРМ-ВТД эффективно используется на всех 16 дорогах ОАО «РЖД», количество рабочих мест превышает 2500. Более 600 АРМ-ПТД внедрено в проектных организациях.

Хороших результатов удалось достичь, прежде всего, благодаря разработке отраслевого формата технической документации транспортной отрасли (ОФ-ТД) [13–16]. Применяемые до ОФ-ТД схемы данных не позволяли в соответствии с запросами пользователей и программистов отражать такие особенности систем, как сложные технические устройства и взаимосвязи между ними.

В настоящее время ОФ-ТД является основным способом взаимодействия двух основных систем САПР ЖАТ (КАСПР и ИСПВТД).

В ИСПВТД для автоматизации проектирования имеется отечественный специализированный редактор автоматизированной графики (АвтоГраф). Графический редактор ИСПВТД не использует иностранных графических ядер и исходного кода иностранных графических редакторов. АвтоГраф – комплексное средство редактирования чертежей с возможностью организации внешнего управления их содержимым и интерфейсом пользователя. Он, хотя и предназначен для специализированного режима проектирования, содержит и все стандартные средства любого графического редактора:

- основные функции для работы с векторными чертежами;
- режимы работы с растровыми изображениями;
- типовые механизмы работы с графическими элементами;
- стандартные средства представления графики;
- модули предварительного просмотра и печати чертежей и многое другое.

АвтоГраф имеет вполне типовой вид графического редактора на современном этапе развития.

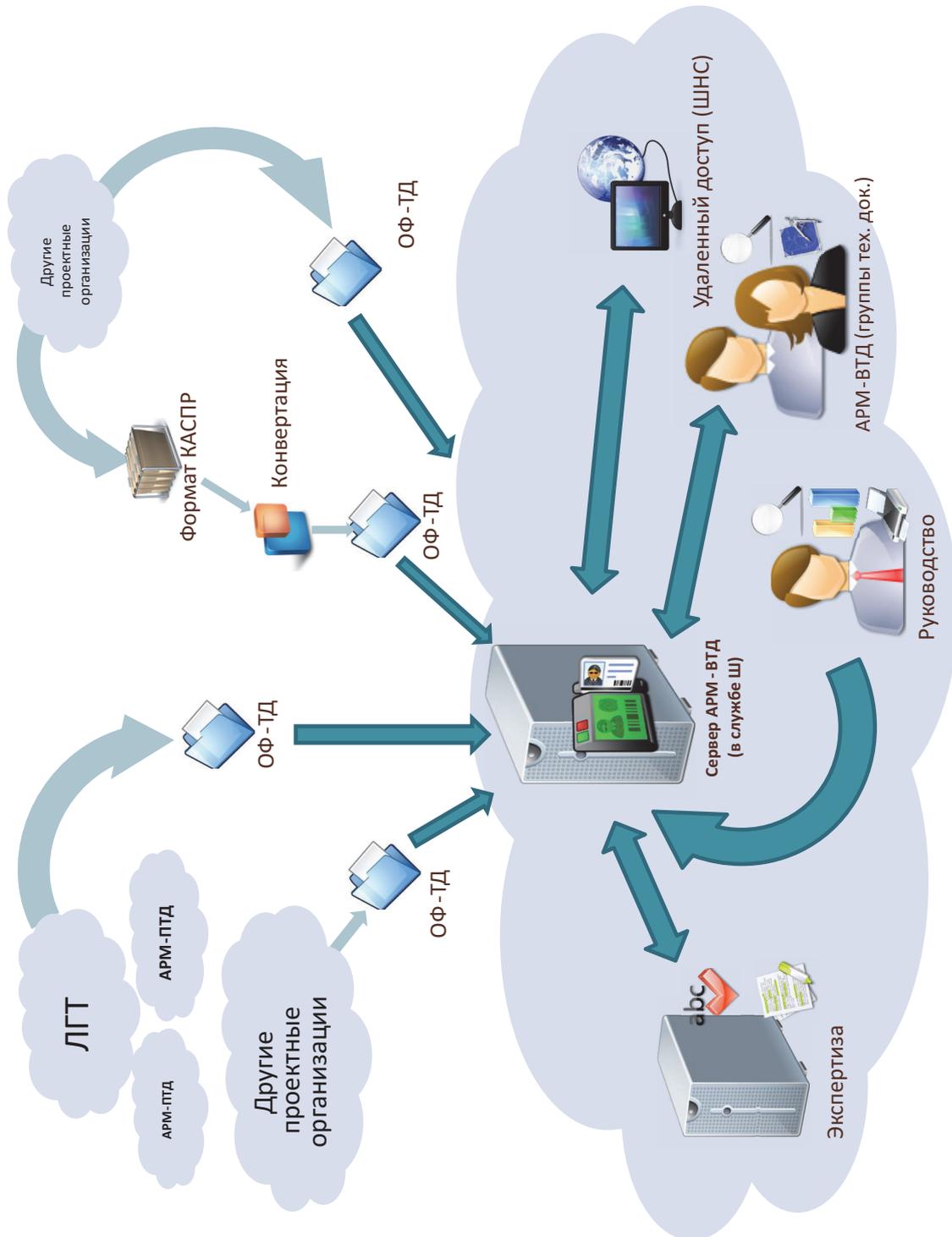


Рис. 1. Структура ИСПВТД

Для работы в редакторе предусмотрены различные виды элементов, которые можно разбить на несколько больших групп:

- базовые графические элементы;
- динамические программные элементы;
- библиотечные элементы нескольких видов.

Динамические программные элементы реализуются в специализированных программных библиотеках – расширениях редактора – и могут быть созданы как внешние дополнительные модули для каждой из задач.

В настоящее время разработчики ИСПВТД активно развивают специализированные средства экспертизы технической документации [17], средства искусственного интеллекта для распознавания технической документации [18, 19] и кибербезопасности [20, 21].

4 Корпоративная автоматизированная система проектирования

В 2001 г. в институте «Гипротрансигналсвязь» был создан отдел систем автоматизации проектирования под руководством А. Ф. Ершова. В ходе реализации программы перевода системы проектирования устройств ЖАТ на технологию САПР в «Гипротрансигналсвязи» в 2002–2005 гг. был создан комплекс программ автоматизации проектирования систем ЭЦ, включающий автоматизацию проектирования схематических и двухниточных планов станции, принципиальных и монтажных схем (И. М. Колос, А. В. Левцов, А. В. Макаров). В связи с созданием в 2006 г. дочернего общества ОАО «Росжелдорпроект» финансирование работ по дальнейшему развитию САПР ЖАТ со стороны ОАО «РЖД» было приостановлено. В 2007 г. ОАО «Росжелдорпроект» поставило перед институтом «Гипротрансигналсвязь» задачу разработать собственную корпоративную автоматизированную систему проектирования ЖАТ и связи ОАО «Росжелдорпроект». За основу были взяты принципы построения САПР, разработанные ВНИИАС и утвержденные руководством ОАО «РЖД» в программе САПР СЦБ.

При создании системы были использованы разработанные ВНИИАС концептуальные положения отраслевой программы перевода системы проектирования устройств ЖАТ на технологию САПР (программа САПР СЦБ).

В основу программы САПР СЦБ положены следующие принципы:

- использование в качестве платформы для разработки программного обеспечения САПР лицензионного графического редактора AutoCAD;
- реализация технологии «сквозного проектирования» схемных решений ЖАТ;
- построение единого информационного пространства технической документации, охватывающего проектные институты, отделы и группы техдокументации, дорожные лаборатории;

- создание централизованного банка данных нормативно-справочной информации и программных средств САПР;
- оснащение проектных и эксплуатирующих организаций современными средствами вычислительной техники и лицензионным программным обеспечением;
- организация электронного документооборота технической документации на устройства ЖАТ и связи.

В 2010 г. была принята в постоянную эксплуатацию Корпоративная автоматизированная система проектирования устройств (КАСПР) на базе системы AutoCAD фирмы Autodesk Inc., включающая 33 системы автоматизированного проектирования проектирования устройств ЖАТ и связи, корпоративный банк данных технической и нормативносправочной документации, корпоративную сеть передачи данных, объединяющую филиалы общества в единое информационное пространство [5, 22].

Основными компонентами системы КАСПР (рис. 2) являются:

- АРМ проектировщиков в 20 филиалах АО «Росжелдорпроект», подключенные к специализированному серверу КАСПР и оснащенные программными средствами автоматизированного проектирования;
- автоматизированная система «Корпоративный банк данных технической и нормативно-справочной документации на устройства ЖАТ и связи (АС КБД)», являющаяся хранилищем корпоративной информации в электронном виде;
- сеть передачи данных АО «Росжелдорпроект», объединяющая проектные институты в единую информационную сеть.

Программные средства КАСПР, установленные на 750 АРМ проектировщиков, обеспечивают комплексное («сквозное») проектирование устройств ЖАТ и связи, в том числе: систем электрической централизации (включая микропроцессорные); автоблокировки; тональных рельсовых цепей; диспетчерской централизации; диспетчерского контроля; сортировочных горок; станционной и перегонной связи.

За время опытной и постоянной эксплуатации КАСПР в 2009–2011 гг. филиалы ОАО «Росжелдорпроект» выполнили 120 проектов ЭЦ, 30 проектов автоматической блокировки (АБ), произвели индивидуальный расчет более 5000 станционных и перегонных тональных рельсовых цепей (ТРЦ), рассчитали продольные профили трех сортировочных горок, протестировали системы автоматизированного проектирования диспетчерской централизации, диспетчерского контроля и связи. В первой половине 2011 года в филиалах ОАО «Росжелдорпроект» была введена в постоянную эксплуатацию автоматизированная система «Корпоративный банк данных технической и нормативно-справочной документации на устройства ЖАТ и связи» (АС КБД). Эта система позволяет проектировщику со своего рабочего места получить доступ к нормативно-справочной документации по проектированию, к эталонам проектов, актуальным версиям программных средств и баз данных КАСПР. В настоящее время ведется регистрация пользователей в АС

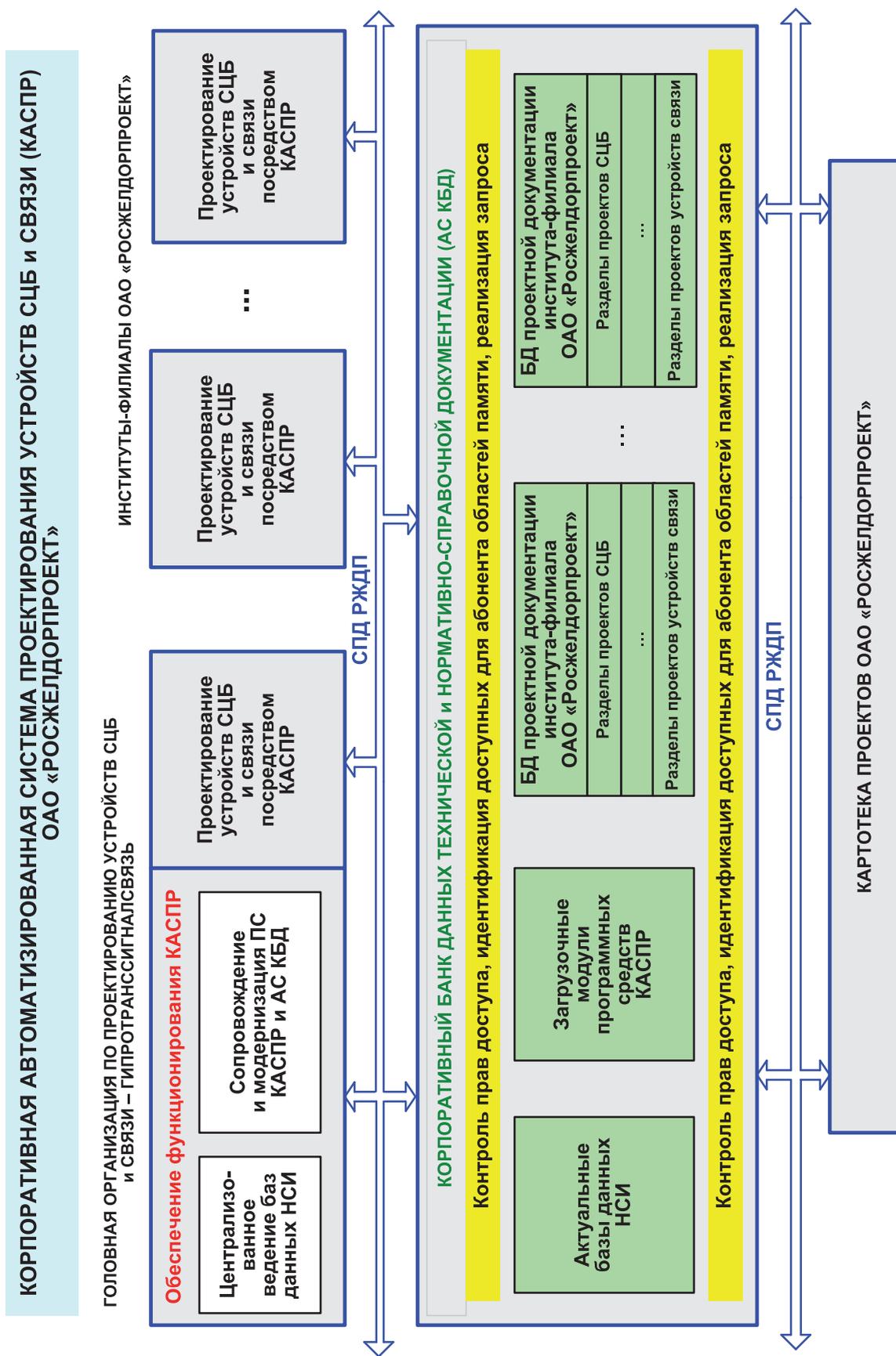


Рис. 2. Структурная схема КАСПР

КБД и производится наполнение корпоративного банка данных требуемой информацией [22].

5 Система автоматизированного проектирования принципиальных и монтажных схем устройств автоматики

В начале 1990-х гг. в отделе электрической централизации института «Гипротрансигналсвязь» была создана группа системы автоматизации проектирования под руководством главного специалиста отдела Р.Р. Баркагана. Этой группой в период до 1995 г. были разработаны графический редактор «Схема» и программы: нумерации контактов реле, выводов блоков и других приборов в схемах ЭЦ, АБ и других систем ЖАТ; размещения и монтажа блоков системы ЭЦ-И на блочных стойках; размещения приборов на релейных стативах; размещения и монтажа жил напольных кабелей на кроссовых стативах; подсчета длин кабелей между стативами и соединителей блоков (И. Л. Гозун, Д. Д. Роммель). При участии группы спроектированы две станции – Садарак и Госграница (Азербайджанская ж. д.). В 1995 г. из-за прекращения финансирования работа группы была завершена. В 1997 г. главный инженер проекта отдела Н. В. Зайцев предложил доработать комплекс своими силами и работа в его бригаде была продолжена. Программы разрабатывались параллельно с реальным проектированием станций, многое выполнялось вручную. Комплекс доработан, но примерно 90% программного обеспечения написано заново, ныне он существует под названием «Комплекс САПР принципиальных и монтажных схем устройств СЦБ» (САПР ПМС СЦБ). В настоящее время с помощью комплекса создано около 10 проектов. В 2007 г. на комплекс САПР ПМС СЦБ была получена лицензия. К этому моменту проектирование с помощью комплекса освоили 5 проектных организаций (помимо «Гипротрансигналсвязи») и было создано около 200 проектов (порядка 30 проектов – этими организациями). Проектировать с помощью комплекса можно любые релейно-контактные схемы с кроссовой системой монтажа; настройка на новые системы происходит путем добавления базы данных. С 2011 г. комплексом пользуется ООО «Сигналстройпроект» и лицензия принадлежит этой организации.

САПР ПМС представляет собой комплекс по работе с принципиальными и монтажными схемами, в него не входит проектирование однониточного и двухниточного плана, эти этапы выполняются при помощи программ сторонних производителей с небольшой доработкой. Основной упор делается на автоматический и полный управляемый монтаж принципиальных схем.

Проектирование с помощью САПР ПМС состоит из двух частей:

1. Неавтоматизированные процедуры.
 - 1.1. Однониточный план.

- 1.2. Двухниточный план.
- 1.3. Кабельные сети.
2. Автоматизированные и автоматические процедуры.
 - 2.1. Принципиальные схемы.
 - 2.2. Нумерация приборов.
 - 2.3. Размещение приборов.
 - 2.4. Проверка принципиальной схем.
 - 2.5. Монтаж стативов.
 - 2.5.1. Предварительный.
 - 2.5.2. Окончательный.
 - 2.6. Формирование монтажных схем.
 - 2.7. Формирование внутрисетевой кабельной сети, спецификации стативов.

Средства, относящиеся к первой части, стандартные и не требуют отдельного описания. Они позволяют выполнять отдельные процедуры обработки и отдельные программы, такие как расчет длин по кабельной сети, составление спецификации оборудования, расчет влияния тягового тока. Основная часть автоматизации проектирования выполняется программами второй части, именно в этом и состоит главная задача САПР ПМС.

Автоматизация проектирования схем осуществляется за счет большой базы данных шаблонов и готовых проектов, части которых легко включать в новый проект. Для этого используется свой редактор схем, где все данные хранятся в базе данных, что значительно облегчает их обработку (нумерацию и начальный анализ схем). Ошибки, найденные в ходе обработки, отображаются в редакторе, как и результаты анализа схем.

Завершающая стадия работы комплекса – создание проектной документации в любом удобном формате (VSD, DWG, PDF или EMF); все данные хранятся в виде баз данных, что дает возможность их повторного использования. Все операции, за исключением обработок и проверки ошибок, могут одновременно выполнять несколько пользователей.

При разработке комплекса прибегали к консультациям опытных проектировщиков. Все сотрудники ООО «Сигналстройпроект» в совершенстве владеют комплексом и эксплуатируют его более 10 лет.

6 Экспертиза

Большое количество ошибок, допускаемых при проектировании, ведет к нареканиям со стороны эксплуатационщиков. Их устранение на этапе производства на заводах-изготовителях и при пусконаладочных работах ведет к большим экономическим потерям, которые особенно велики на стадии эксплуатации устройств автоматики [23].

Внедрение системы автоматизированной проверки проектов ЖАТ позволяет уменьшать издержки за счет анализа показателей качества функционирования на всех этапах разработки проекта, на ходу выявлять допущенные неточности, автоматически вносить изменения в чертежи [24–27].

Ошибки неизбежны при проектировании принципиальных схем и технологического программного обеспечения, по статистике они составляют более 35 % от всех ошибок проектирования.

Автоматизация проектирования и ведения документации диктует свои задачи проверки схем. Как показывает опыт создания и эксплуатации таких систем, часть информации, хранимой и обрабатываемой САПР, не имеет графического отображения на принятых формах документации, что затрудняет ее проверку человеком. Автоматическая система проверки, взаимодействующая с той же внутримашинной моделью, что и весь комплекс, должна выявлять такие противоречия.

Заключение

Среди систем, обеспечивающих комплексное решение по автоматизации проектирования устройств и систем ЖАТ, в настоящее время на рынке широкое внедрение получили: Интегрированная система проектирования и ведения технической документации (ИСПВТД) разработки ПГУПС и группы компаний «ИМСАТ» (в настоящее время в состав системы входят как сам САПР – АРМ-ПТД, так и система для эксплуатации технической документации КЗ АРМ-ВТД), и корпоративная автоматизированная система проектирования устройств СЦБ и связи ОАО «Росжелдорпроект» (КАСПР) на базе системы AutoCAD фирмы Autodesk Inc.

Необходимо также отметить, что только графические редакторы ИСПВТД не используют иностранных графических ядер и исходного кода иностранных графических редакторов, тогда как другие системы зависят от коммерческих продуктов иностранных компаний.

Опыт использования данных систем показывает, что работа проектировщиков в настоящее время невозможна без автоматизации и следующие шаги в развитии САПР должны быть сделаны в направлении автоматизированной экспертизы проектных решений.

Библиографический список

1. Василенко М. Н. Интегрированная система проектирования и ведения технической документации / М. Н. Василенко, В. Г. Трохов, П. Е. Булавский, Б. П. Денисов // Автоматика, связь, информатика. – 2000. – № 9. – С. 29–31.

2. Василенко М. Н. Обзор современных систем автоматизации проектирования / М. Н. Василенко, П. Е. Булавский, Д. С. Першин, С. В. Салихов // Автоматика, связь, информатика. – 2001. – № 7. – С. 17–19.
3. Сапожников Вал. В. Принципы построения комплексной системы автоматизации проектирования железнодорожной автоматики и телемеханики / Вал. В. Сапожников, М. Н. Василенко, С. П. Бакалов, В. Г. Трохов, Д. С. Марков // Автоматика, телемеханика и связь на железных дорогах. – 1990. – № 10. – С. 8–10.
4. Василенко М. Н. Автоматизированное рабочее место проектировщика систем автоматической блокировки / М. Н. Василенко, А. С. Терентьев, С. П. Бакалов, Н. И. Рубинштейн // Автоматика, телемеханика и связь на железных дорогах. – 1987. – № 4. – С. 7–8.
5. Петров А. Ф. Листая страницы истории. Гипротрансигналсвязь / А. Ф. Петров. Изд. 2-е, перераб. и доп. – СПб. : Моби Дик, 2011. – 408 с.
6. Денисов Б. П. Автоматизация проектирования систем железнодорожной автоматики и телемеханики на базе АРМ- ПТД версии 6 / Б. П. Денисов, Н. И. Рубинштейн, С. Н. Растегаев, Н. Ю. Воробей // Актуальные вопросы развития систем железнодорожной автоматики и телемеханики : сб. науч. тр. ; под ред. Вл. В. Сапожникова. – СПб. : Петербургский гос. ун-т путей сообщения, 2013. – С. 66–74.
7. Гордон М. А. Применение систем автоматизированного проектирования в режиме модернизации и реконструкции систем электрической централизации / М. А. Гордон // Известия Петербургского университета путей сообщения. – 2008. – № 1. – С. 44–55.
8. Ефанов Д. В. Проблемы автоматизации проектирования систем диспетчерского контроля железнодорожной автоматики и телемеханики / Д. В. Ефанов, Д. В. Седых, М. А. Гордон // Транспортные системы: тенденции развития : сб. тр. Междунар. науч.-практич. конф., 26–27 сентября 2016 г. – М. : МИИТ. – С. 625–626.
9. Василенко М. Н. Развитие электронного документооборота в хозяйстве АТ / М. Н. Василенко, В. Г. Трохов, Д. В. Зуев, Д. В. Седых // Автоматика связь, информатика. – 2015. – № 1. – С. 14–16.
10. Василенко М. Н. Согласование и утверждение технической документации с использованием электронной цифровой подписи / М. Н. Василенко, П. Е. Булавский, Б. П. Денисов, Д. А. Имануилов // Наука и техника транспорта. – 2010. – № 1. – С. 18–23.
11. Арипов Н. М. Перспективы развития высокоскоростного движения и вопросы внедрения электронного оборота технической документации на железных дорогах Узбекистана / Н. М. Арипов, Д. Х. Баратов // Инновационный транспорт. – 2016. – № 2. – С. 10–14.
12. Безродный Б. Ф. Автоматизация проверки проектов на основе АРМ-ТЕСТ / Б. Ф. Безродный, М. Н. Василенко, Б. П. Денисов, Д. В. Седых // Автоматика, связь, информатика. – 2008. – № 3. – С. 22–24.
13. Седых Д. В. Применение отраслевого формата технической документации на устройства железнодорожной автоматики и телемеханики для интеграции

- приложений / Д. В. Седых, С. А. Суханов // Известия Петербургского университета путей сообщения. – 2005. – № 3. – С. 74–79.
14. Балугев Н. Н. Проблемы внедрения отраслевого формата / Н. Н. Балугев, М. Н. Василенко, В. Г. Трохов, Д. В. Седых // Автоматика, связь, информатика. – 2010. – № 3. – С. 2–4.
 15. Булавский П. Е. Принципы построения ядра интеграции АСУ-ТП на железнодорожном транспорте / П. Е. Булавский, Д. В. Седых // IX Санкт-Петербургская конференция «Региональная информатика – 2004», 22–24 июня 2004 г. – СПб. : СПИИ РАН. – С. 127–129.
 16. Седых Д. В. Методы интеграции в АСУ-Ш / Д. В. Седых, М. Н. Василенко // Шестидесят пятая научно-техническая конференция студентов, аспирантов и молодых ученых «Неделя науки – 2005». – СПб. : Петербургский гос. ун-т путей сообщения, 2005. – С. 152.
 17. Горбачев А. М. Автоматизация анализа, экспертизы и сверки технической документации системы железнодорожной автоматизации и телемеханики / А. М. Горбачев // Известия Петербургского университета путей сообщения. – 2012. – № 4. – С. 73–78.
 18. Матушев А. А. Распознавание структуры монтажных схем ЖАТ / А. А. Матушев, Д. В. Седых // Автоматика, связь, информатика. – 2015. – № 10. – С. 4–7.
 19. Седых Д. В. Методы распознавания структуры монтажных схем железнодорожной автоматизации и телемеханики / Д. В. Седых, А. А. Матушев // Автоматика на транспорте. – 2016. – Т. 2. – № 4. – С. 552–563.
 20. Василенко М. Н. Кибербезопасность технической документации ЖАТ / М. Н. Василенко, Д. В. Зуев // Автоматика, связь, информатика. – 2015. – № 7. – С. 21–23.
 21. Василенко М. Н. Кибербезопасность технической документации железнодорожной автоматизации и телемеханики / М. Н. Василенко, Д. В. Зуев // Транспорт Российской Федерации. – 2015. – № 2. – С. 55–58.
 22. Ракул П. С. Корпоративная автоматизированная система проектирования / П. С. Ракул, А. Ф. Ершов // Автоматика, связь, информатика. – 2011. – № 10. – С. 11–13.
 23. Василенко М. Н. Анализ работоспособности систем автоматизации средствами вычислительной техники / М. Н. Василенко, Д. С. Марков, Н. И. Рубинштейн // Автоматика, телемеханика и связь. – 1987. – № 8. – С. 17–19.
 24. Василенко М. Н. Эффективное средство исследования систем горочной автоматизации / М. Н. Василенко, А. В. Гриненко, Д. А. Мясников // Автоматика, телемеханика и связь. – 1988. – С. 48–49.
 25. Сапожников Вал. В. Экспертные системы железнодорожной автоматизации и телемеханики / Вал. В. Сапожников, М. Н. Василенко, В. П. Быков, Н. И. Рубинштейн // Автоматика, телемеханика и связь. – 1992. – № 6. – С. 13–16.
 26. Василенко М. Н. АРМ по ведению технической документации железнодорожной автоматизации / М. Н. Василенко, В. П. Быков, Б. П. Денисов, В. Г. Трохов // Автоматика, телемеханика и связь. – 1996. – № 11. – С. 12–14.
 27. Седых Д. В. Интеграционные решения на основе отраслевого формата технической документации / Д. В. Седых // Транспорт Урала. – 2016. – № 4. – С. 52–57.

Michael N. Vasilenko,

Denis V. Zuev,

Dmitry V. Sedykh

«Automation and remote control on railways» department
Emperor Alexander I St. Petersburg state transport university

Michael A. Gordon

Institute «Giprotranssignalsvyaz» – department of JSC «Roszheldorproject»

**Development and implementation of tools
of Computer aided design of railway automation and remote
control systems**

At present, the process of designing modern signaling, interlocking and blocking systems, can not be imagined without the use of computer aided design systems. Ideas for the automation of design began to emerge with the advent of the first computer systems back in the late 1950's at the head institute of the Soviet Union for the design of automation and telemechanics systems Giprotranssignalsvyaz. The basic principles for constructing computer aided design systems for the railway automation and remote control were developed by scientists of the Petersburg State Transport University and published in 1990's, and the results of the first automated workplace of the designer are detailed in the 1987 article. Recently, due to the development of computer technologies, it became possible to implement the technology of «end-to-end design». To date, the main automation systems for railway automation and telemechanics supporting this technology are the «Corporate Automated System for Designing Interlocking, Blocking and Communication Devices» of OJSC «Roszheldorproyekt», Integrated system for design and maintenance of technical documentation of the Petersburg State Transport University and the group of companies «IMSAT» and «Complex of CAD systems for basic and wiring diagrams of devices for the interlocking and blocking system» of LLC Signal Stroyproekt.

computer-aided design; railway automation and remote control; signalling, interlocking and and blocking; technical documentation

References

1. Vasilenko M. N., Trohov V. G., Bulavskij P. E., Denisov B. P. (2000). Integrated system of technical documentation design and conducting [Integrirrovannaya sistema proektirovaniya i vedeniya tekhnicheskoy dokum]. Automation, Communication, and Informatics [Avtomatika, svyaz', informatika], issue 9. – Pp. 29–31.
2. Vasilenko M. N., Bulavskij P. E., Pershin D. S., Salihov S. V. (2001). Overview of modern CAD systems [Obzor sovremennyh sistem avtomatizacii proektirovaniya]. Automation, communication and informatics [Avtomatika, svyaz', informatika], issue 7. – Pp. 17–19.

3. Sapozhnikov Val. V., Vasilenko M. N., Bakalov S. P., Trohov V. G., Markov D. S. (1990). Principles of formation of complex railway automation and remote control CAD system [Principy postroeniya kompleksnoj sistemy avtomatizacii proektirovaniya zheleznodorozhnoj avtomatiki i telemekhaniki]. Automation, Telemechanics and Telecommunication on Railways [Avtomatika, telemekhanika i svyaz' na zheleznih dorogah], issue 10. – Pp. 8–10.
4. Vasilenko M. N., Terent'ev A. S., Bakalov S. P., Rubinshtejn N. I. (1987). Automated workstation of automatic line block system designer [Avtomatizirovannoe rabochee mesto proektirovshchika sistem avtomaticheskoy blokirovki]. Automation, Telemechanics and Telecommunication on Railways [Avtomatika, telemekhanika i svyaz' na zheleznih dorogah], issue 4. – Pp. 7–8.
5. Petrov A. F. (2011). Turning history pager. Giprottranssignalsvyaz [Listaya stranicy istorii. Giprottranssignalsvyaz]. St. Petersburg, Mobi Dik [Mobi Dik]. – 408 p.
6. Denisov B. P., Rubinshtejn N. I., Rastegaev S. N., Vorobej N. Yu. (2013). Systems Of Railway Automation and Remote Control Design Automation Based on ARM-PTD Version 6 [Avtomatizaciya proektirovaniya sistem zheleznodorozhnoj avtomatiki i telemekhaniki na baze ARM-PTD versii 6]. Actual Problems of Railway Automation and Remote Control Systems Development: scientific proceedings, edited by Vl. V. Sapozhnikov [Aktual'nye voprosy razvitiya sistem zheleznodorozhnoj avtomatiki i telemekhaniki: sb. nauch. trudov; pod red. Vl. V. Sapozhnikov]. St. Petersburg, Petersburg state transport university [Peterburgskij gos. un-t putej soobshcheniya]. – Pp. 66–74.
7. Gordon M. A. (2008). Application of Cad Systems in the Mode of Modernization and Reconstruction of Electric Interlocking Systems [Primenenie sistem avtomatizirovannogo proektirovaniya v rezhime modernizacii i rekonstrukcii sistem ehlektricheskoy centralizacii]. Proceedings of Petersburg Transport University [Primenenie sistem avtomatizirovannogo proektirovaniya v rezhime modernizacii i rekonstrukcii sistem ehlektricheskoy centralizacii], issue 1. – Pp. 44–55.
8. Efanov D. V., Sedyh D. V., Gordon M. A. (2016). Problems of railway centralized traffic control CAD systems [Problemy avtomatizacii proektirovaniya sistem dis-petcherskogo kontrolya zheleznodorozhnoj avtomatiki i telemekhaniki]. Proceedings of International scientific and practical conference «Transport systems: development trends» [Sbornik trudov Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii «Transportnye sistemy: tendencii razvitiya»], 26–27 September. Moscow, Moscow state university of railway engineering. – Pp. 625–626.
9. Vasilenko M. N., Trohov V. G., Zuev D. V., Sedyh D. V. (2015). Development of electronic document management in signaling department [Razvitie ehlektronnogo dokumentooborota v hozyajstve AT]. Automation, Communication, Information Science [Avtomatika svyaz', informatika], issue 1. – Pp. 14–16.
10. Vasilenko M. N., Bulavskij P. E., Denisov B. P., Imanuilov D. A. (2010). Coordination and improvement of technical documentation using electronic digital signature [Soglasovanie i utverzhdenie tekhnicheskoy dokumentacii s ispol'zovaniem ehlektronnnoj cifrovoj podpisi]. Science and Technology of Transport [Nauka i tekhnika transporta], issue 1. – Pp. 18–23.

11. Aripov N. M., Baratov D. H. (2016). Prospects of High Speed Running Development and Issues of Electronic Technical Document Turnover at the Uzbekistan Railroads [Perspektivy razvitiya vysokoskorostnogo dvizheniya i voprosy vnedreniya ehlektronnogo oborota tekhnicheskoy dokumentacii na zheleznyh dorogah Uzbekistana]. *Innovation Transport [Innovacionnyj transport]*, issue 2 (20). – Pp. 10–14.
12. Bezrodnyj B. F., Vasilenko M. N., Denisov B. P., Sedyh D. V. (2008). Automation of projects check based on ARM-TEST [Avtomatizaciya proverki proektov na osnove ARM-TEST]. *Automation, Communication, Information Science [Avtomatika, svyaz', informatika]*, issue 9. – Pp. 22–24.
13. Sedyh D. V., Suhanov S. A. (2005). Use of technical documentation branch format on railway automation and remote control devices for applications integration [Primene-nie otraslevogo formata tekhnicheskoy dokumentacii na ustrojstva zheleznodorozhnoj avtomatiki i telemekhaniki dlya integracii prilozhenij]. *Proceedings of Petersburg Transport University [Izvestiya Peterburgskogo universiteta putej soobshcheniya]*, issue 3. – Pp. 74–79.
14. Baluev N. N., Vasilenko M. N., Trohov V. G., Sedyh D. V. (2010). Problems of branch format introduction [Problemy vnedreniya otraslevogo formata]. *Automation, Commu-nication, Information Science [Avtomatika, svyaz', informatika]*, issue 3. – Pp. 2–4.
15. Bulavskij P. E., Sedyh D. V. (2004). Principles of APCS integration core formation on railway transport [Principy postroeniya yadra integracii ASU – TP na zheleznodoro-zhnom transporte]. IX St. Petersburg Conference «Regional Informatics – 2004» [IH Sankt-Peterburgskaya konferenciya «Regional'naya informatika – 2004»] 22–24 June, St. Petersburg. – Pp. 127–129.
16. Sedyh D. V., Vasilenko M. N. (2005). Integration methods in ASU-Sh [Metody in-tegracii v ASU-SH]. 65th scientific and technical conference of students, post-grad-uate students and young scientists «Week of Science-2015» [SHest'desyat pyataya nauchno-tekhnicheskaya konferenciya studentov, aspirantov i molodyh uchenyh «Nedelya nauki – 2005»]. – P. 152.
17. Gorbachev A. M. (2012). Automation of Analysis, Examination and Collation of Railway Automatics and Telemechanics Technical Documentation [Avtomatizaciya analiza, ehkspertizy i sverki tekhnicheskoy dokumentacii sistemy zheleznodorozh-noj avtomatiki i telemekhaniki]. *Proceedings of Petersburg Transport University [Izvestiya Peterburgskogo universiteta putej soobshcheniya]*, issue 4. – Pp. 73–78.
18. Matushev A. A., Sedyh D. V. (2015). Recognition of Patterns of Wiring Diagrams Ratm [Raspoznavanie struktury montazhnyh skhem ZHAT]. *Automation, Com-munication, Information Science [Avtomatika, svyaz', informatika]*, issue 10. – Pp. 4–7.
19. Sedyh D. V., Matushev A. A. (2016). Methods of Assembly Diagrams Structure Reco-gnition of Railway Automation and Remote Control [Metody raspoznavaniya struk-tury montazhnyh skhem zheleznodorozhnoj avtomatiki i telemekhaniki]. *Automation on Transport [Avtomatika na transporte]*, vol. 2, issue 4. – Pp. 552–563.
20. Vasilenko M. N., Zuev D. V. (2015). Cyber Security of Technical Manuals for Rail-way Automatics and Telematics [Kiberbezopasnost' tekhnicheskoy dokumentacii ZHAT]. *Automation, Communication, Information Science [Avtomatika, svyaz', informatika]*, issue 7. – Pp. 21–23.

21. Vasilenko M. N., Zuev D. V. (2015). Cyber Security of Technical Manuals for Railway Automatics and Telematics [Kiberbezopasnost' tekhnicheskoy dokumentacii zheleznodorozhnoj avtomatiki i telemekhaniki]. Transport of Russian Federation [Transport Rossijskoj Federacii], issue 2 (57). – Pp. 55–58.
22. Rakul P. S., Ershov A. F. (2011). Corporate CAD [Korporativnaya avtomatizirovannaya sistema proektirovaniya]. Automation, Communication and Informatics [Avtomatika, svyaz', informatika], issue 10. – Pp. 11–13.
23. Vasilenko M. N., Markov D. S., Rubinshtejn N. I. (1987). Analysis of automatus systems operability by computing means [Analiz rabotosposobnosti sistem avtomatiki sredstvami vychislitel'noj tekhniki]. Automation, Communication, Information Science [Avtomatika, telemekhanika i svyaz'], issue 8. – Pp. 17–19.
24. Vasilenko M. N., Grinenko A. V., Myasnikov D. A. (1988). Effective mean of marshalling yard automation system research [Ehffektivnoe sredstvo issledovaniya sistem gorozhnoj avtomatiki]. Automation, Communication, Information Science [Avtomatika, telemekhanika i svyaz']. – Pp. 48–49.
25. Sapozhnikov Val. V., Vasilenko M. N., Bykov V. P., Rubinshtejn N. I. (1992). Expert systems of railway automation and remote control [Ehkspertnye sistemy zheleznodorozhnoj avtomatiki i telemekhaniki]. Automation, Communication, Information Science [Avtomatika, telemekhanika i svyaz'], issue 6. – Pp. 13–16.
26. Vasilenko M. N., Bykov V. P., Denisov B. P., Trohov V. G. (1996). Automated workstation for railway automation technical documentation management [ARM po vedeniyu tekhnicheskoy dokumentacii zheleznodorozhnoj avtomatiki]. Automation, Communication, Information Science [Avtomatika, telemekhanika i svyaz'], issue 11. – Pp. 12–14.
27. Sedyh D. V. (2016). Integration Solutions Based on the Industrial Format of Technical Documentation [Integracionnye resheniya na osnove otraslevogo formata tekhnicheskoy dokumentacii]. Transport of Urals [Transport Urala], issue 4. – Pp. 52–57.

*Статья представлена к публикации членом редколлегии Вал. В. Сапожниковым
Поступила в редакцию 13.01.2017, принята к публикации 10.02.2017*

ВАСИЛЕНКО Михаил Николаевич – профессор кафедры «Автоматика и телемеханика на железных дорогах» Петербургского государственного университета путей сообщения Императора Александра I.
e-mail: vasilenko.m.n@gmail.com

ЗУЕВ Денис Владимирович – руководитель НТЦ-САПР кафедры «Автоматика и телемеханика на железных дорогах» Петербургского государственного университета путей сообщения Императора Александра I.
e-mail: zuevdv@gmail.com

СЕДЫХ Дмитрий Владимирович – инженер кафедры «Автоматика и телемеханика на железных дорогах» Петербургского государственного университета путей сообщения Императора Александра I.
e-mail: sedyhdmitriy@gmail.com

ГОРДОН Михаил Аркадьевич – главный специалист отдела АТ института «Гипротрансигнальсвязь» – филиала АО «Росжелдорпроект».
e-mail: gordon_ma@mail.ru

© Василенко М. Н., Гордон М. А., 2017

© Зуев Д. В., Седых Д. В., 2017