

## *Автоматизация проектирования*

УДК 004.896+656:25

**М. Н. Василенко, д-р техн. наук,  
В. П. Бубнов, д-р техн. наук,  
Д. В. Зуев, канд. техн. наук,  
П. А. Василенко,  
Д. В. Седых**

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

### **ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО ЭЛЕКТРОННОГО ДОКУМЕНТООБОРОТА ХОЗЯЙСТВА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ АВТОМАТИКИ И ТЕЛЕМЕХАНИКИ**

Во всем мире электронный документооборот зарекомендовал себя как мощная ресурсосберегающая технология. Широкое развитие приобретают такие технологии, как «электронное правительство», «цифровая железная дорога» и т. п. В данной статье сделана попытка систематизации разработок кафедры «Автоматика и телемеханика на железных дорогах» в области разработки и внедрения интеллектуальных задач электронного документооборота хозяйства автоматики и телемеханики. На основе этой систематизации показаны интеллектуальные составляющие электронного документооборота на стадиях разработки (анализ, синтез, оптимизация), проектирования (автоматизация проектирования, экспертиза), пусконаладочных работ (автоматизация программ проверки и диагностики) и эксплуатации систем железнодорожной механики и автоматики (экспертные системы, электронно-цифровая подпись, кибербезопасность технической документации). Предложены необходимые программные модули для реализации интегрированной системы проектирования и ведения технической документации, программа доработки и внедрения для ОАО «РЖД». Описаны ожидаемые показатели эффективности ресурсосбережения.

электронный документооборот; электронный формат технической документации; отраслевой формат технической документации; интеллектуальный электронный документооборот

### **Введение**

По прогнозу многих авторитетных ученых, в том числе нобелевских лауреатов, XXI век и третье тысячелетие в целом станут периодом массового развития и внедрения систем искусственного интеллекта. К 2030 г. прогнозируется создание нейронной сети (искусственного мозга), которая по быстро-

действию и объему памяти превзойдет мозг человека. До конца века прогнозируется замена системами искусственного интеллекта (роботами) большинства трудоемких и опасных для здоровья и жизни человека рабочих профессий. Одновременно системы искусственного интеллекта будут способны заменить человека в таких областях его интеллектуальной деятельности, как разработка, проектирование, производство, строительство, экспертиза и эксплуатация сложных технических систем. К ним, несомненно, относятся технические средства автоматизации перевозочного процесса на железных дорогах [1–3]. Уже сегодня прослеживается тенденция перехода к высокоинтеллектуальному железнодорожному транспорту по всему миру [4–11]. В связи с этим интенсивное развитие и внедрение интеллектуальной системы электронного документооборота в хозяйстве железнодорожной автоматики и телемеханики (ЖАТ) является актуальной задачей.

Группа компаний «ИМСАТ» активно решает эту задачу путем разработки и внедрения отдельных автоматизированных рабочих мест (АРМ) и элементов интегрированной системы проектирования и ведения технической документации (ИСПВТД) ЖАТ [12–18]. Большинство задач, решаемых ИСПВТД, относится к классу систем искусственного интеллекта, требует всемерного развития и внедрения в ОАО «РЖД». Итак, необходимо попасть в первый вагон высокоскоростного поезда под названием «искусственный интеллект», в противном случае его придется долго догонять.

## **1 Задачи и программные модули, внедряемые в интегрированную систему проектирования и ведения технической документации, и необходимые доработки на базе систем искусственного интеллекта**

1. Универсальный графический редактор деловой графики и технической документации «Автограф».

В настоящее время внедрены функциональные модули универсального редактора:

M1.1 – ввода и редактирования графических изображений.

M1.2 – поддержки отраслевого формата.

M1.3 – создания и ведения библиотек и баз графической информации.

M1.4 – встроенной системы внешних приложений.

M1.5 – формирования изображений по параметрам.

M1.6 – печати в разных режимах.

В ближайшее время предлагается совершенствование редактора:

– создание базовой версии (с минимумом функций автоматизации) с целью его популяризации и использования в учебном процессе школ, техникумов, вузов;

- создание версии редактора с функциями автоматизации по отраслям (СЦБ, связь, энергоснабжение и т. п.), включая различные дирекции ОАО «РЖД»;
- создание версии 3-d редактора;
- создание интеллектуальной версии редактора для задач рисования, создания сайтов и т. п.;
- создание версии редактора для работы в «облаке» на веб-странице.

## 2. Базовые задачи АРМ ИСПВТД.

В настоящее время внедрены функциональные модули базовых задач:

М2.1 – оболочка и интерфейс АРМ системы.

М2.2 – ведение баз данных технической документации.

М2.3 – поддержка отраслевого формата и баз данных графических изображений коллективного пользования.

М2.4 – обеспечение режимов работы АРМ в локально-вычислительной сети и системе передачи данных отраслевого назначения дорог.

## 3. Задача ведения технической документации в процессе эксплуатации ЖАТ.

В настоящее время внедрены функциональные модули задачи:

М3.1 – внесение изменений в техническую документацию.

М3.2 – сверка технической документации.

М3.3 – утверждение и согласование технической документации.

М3.4 – работа с указаниями института «Гипротранссигнальсвязь».

М3.5 – работа с инструкциями.

М3.6 – работа с базами данных технической документации коллективного пользования.

М3.6 предполагает подключение к базам данных коллективного пользования системы АСУ-Ш-2 с целью получения данных о структуре объектов управления, параметрах систем, устройств и элементов ЖАТ и т. п.

## 4. Задачи синтеза схем размещения ЖАТ и таблиц взаимозависимости стрелок и сигналов.

В настоящее время внедрены функциональные модули схем размещения:

М4.1 – схематический план станции и перегона.

М4.2 – двухниточный план станции и перегона, схемы канализации тягового тока.

М4.3 – кабельные сети.

М4.4 – схемы аппаратов управления и устройств электроснабжения.

М4.5 – блочные планы станций.

Дополнительно необходимо разработать модули:

М4.6 – синтез схем размещения оборудования на постах, в помещениях, специализированных модулях и схемы соответствующих кабельных сетей.

М4.7 – модуль синтеза таблиц взаимозависимости стрелок и сигналов.

Все модули должны быть увязаны со схемами строительной и конструкторской документации.

## 5. Задачи синтеза принципиальных электрических схем.

В настоящее время внедрены функциональные модули принципиальных электрических схем:

М5.1 – синтез на основе библиотек элементов.

М5.2 – синтез на основе библиотек фрагментов схем.

М5.3 – синтез на основе типовых материалов проектирования.

Необходима доработка модулей синтеза до более высокого уровня автоматизации:

– на базе данных таблиц взаимозависимости стрелок и сигналов;

– на основе требований по модернизации, реконструкции и пр.

М5.4 – модуль синтеза и оптимизации путевого плана перегона с тональными рельсовыми цепями.

## 6. Задачи синтеза электрических монтажных схем.

В настоящее время внедрены функциональные модули электрических монтажных схем:

М6.1 – автоматическое формирование монтажной документации на основе принципиальных электрических схем.

М6.2 – размещение оборудования на стативах и в релейных шкафах.

М6.3 – нанесение монтажных адресов на принципиальные электрические схемы.

М6.4 – гибкая настройка способа монтажа и вида монтажной документации.

М6.5 – синтез и редактирование монтажных карточек в новых проектах.

М6.6 – синтез и редактирование монтажных карточек в режимах модернизации и реконструкции.

М6.7 – сверка принципиальных и монтажных схем.

## 7. Задачи автоматизации распознавания схем ЖАТ.

В настоящее время внедрены функциональные модули:

М7.1 – сканирование и фильтрация.

М7.2 – рисование на подложке сканированного изображения.

М7.3 – распознавание схем размещения.

М7.4 – распознавание и редактирование монтажных электросхем.

М7.5 – распознавание и редактирование принципиальных электросхем.

По задачам распознавания с использованием систем искусственного интеллекта необходимо:

– собрать достаточную статистику результатов распознавания;

– уточнить базы данных библиотеки эталонов и шаблонов распознавания;

– провести дообучение нейронных сетей по итогам обработки статистики;

– определить область эффективного распознавания объектов ЖАТ предлагаемыми методами с точностью не менее 80 %.

Предлагается разработка системы распознавания монтажных схем на основе строгих алгоритмов и шаблонов. Разработанная в рамках научно-исследовательских и научных работ система распознавания монтажных схем использует методы и алгоритмы, позволяющие распознавать любые таблицы и символы в них. Это снижает качество распознавания, например, когда алгоритмы распознавания путают шумы на схемах с границами таблиц или символами.

Предлагается разработать новую систему распознавания монтажных схем, работающую по новому алгоритму.

**8. Конвертация электронной технической документации в отраслевой формат.**

В настоящее время внедрены функциональные модули:

М8.1 – конвертация схем ЖАТ из формата комплексной автоматизированной системы проектирования в отраслевой формат технической документации.

М8.2 – конвертация схем ЖАТ из отраслевого формата технической документации в комплексную автоматизированную систему проектирования.

М8.3 – модули частичной конвертации из других форматов SVG, DXF, EPS, VISIO, EPS, WMF в отраслевой формат технической документации.

Необходимо довести до приемлемого уровня инструмент конвертации из любого произвольного формата (растрового, векторного, объектного) в отраслевой формат технической документации и обосновать дополнительные затраты на редактирование результатов конвертации при отсутствии необходимой информации в исходном формате.

**9. Обеспечение мобильного доступа к базе данных технической документации.**

В настоящее время внедрены функциональные модули мобильного доступа:

М9.1 – модуль доступа к серверу базы данных технической документации с мобильных устройств (телефон, планшет и т. п.).

М9.2 – модуль работы в локальном режиме с возможностью синхронизации данных с АРМ ВТД.

М9.3 – просмотр и экспорт в всех видов документации в режиме санкционированного доступа.

**10. Внедрение технологии цифровой подписи.**

В настоящее время разработаны функциональные модули цифровой подписи:

М10.1 – формирования схем согласования и утверждения.

М10.2 – мониторинга прохождения документов.

М10.3 – взаимодействия с сертификационным центром.

М10.4 – проверки целостности документа.

М10.5 – проверки достоверности электронно-цифровой подписи.

M10.6 – реализации электронно-цифровой подписи.

### 11. Ведение документации по оснащенности.

В настоящее время внедрены функциональные модули ведения оснащенности:

M11.1 – формирования спецификаций документов.

M11.2 – синтеза баз данных спецификаций службы АТ и ШЧ.

M11.3 – дополнения баз данных спецификаций данными нормативно-справочной информации (НСИ) и АПК-ДК.

M11.4 – обработки баз данных спецификаций, заказных спецификаций, сметы.

### 12. Техническое обслуживание ЖАТ.

В стадии разработки находятся модули:

M12.1 – планирования работ по техническому обслуживанию.

M12.2 – учета наработки (числа срабатываний) приборов ЖАТ на основе протоколов движения поездов и схем ЖАТ.

M12.3 – расчета и прогнозирования ресурса приборов ЖАТ.

Задача техобслуживания может быть полностью автоматизирована на основе базы данных техдокументации и документации на технологические процессы техобслуживания. Для этого необходимо увязать электронную техдокументацию и объектные спецификации с технологией штрихкодирования, данными статистики по отказам, предотказам и методологией замены и ремонта элементов устройств ЖАТ с учетом их ресурса.

### 13. Моделирование и анализ схем ЖАТ.

В настоящее время внедрены функциональные модули моделирования и анализа:

M13.1 – синтез модели релейно-контактной схемы на основе базы данных техдокументации по принципиальным электрическим схемам.

M13.2 – построение временных диаграмм релейно-контактной схемы.

M13.3 – расчет и анализ параметров тональной рельсовой цепи.

Задача моделирования и анализа решена только на схемном уровне для отдельных устройств и функциональных узлов дискретной автоматики. Дальнейшее решение этой задачи предполагает:

1. Автоматический синтез модели ЖАТ на основе базы данных техдокументации ЖАТ.

2. Моделирование схем ЖАТ, включающих аналоговые элементы (линии задержки, фильтры, выпрямители, модуляторы и т. п.) и микропроцессорные устройства.

3. Системный подход к моделированию ЖАТ в составе автоматизированного технологического комплекса управления движением поездов (АТК-УДП), включающего напольное техническое оборудование, оперативный персонал, подвижной состав и его тяговые характеристики и т. п. В этом случае важно оценить не только сам факт отказа ЖАТ, но и его влияние на процесс управ-

ления движением поездов. Создание таких моделей позволит впервые решить задачу синтеза структуры АТК-УДП с оптимизацией алгоритмов управления и дать оценку показателей качества функционирования АТК-УДП с учетом надежности ЖАТ.

**14.** Автоматизация построения программ полной функциональной проверки систем ЖАТ.

Предлагается разработка модулей:

М14.1 – синтеза модели схематического плана станции, аппарата управления, напольного технологического оборудования.

М14.2 – имитации процесса движения поездов по станциям и перегонам.

М14.3 – синтеза программ полной функциональной проверки на базе таблиц маршрутных зависимостей и базовых нормативов.

М14.4 – формирования документации программ полной функциональной проверки и его результатов.

Задача автоматизации построения программ имеет две области применения:

1. Формирование на ее основе документов – программы полной функциональной проверки и журнала фиксации результатов этой проверки при проведении пусконаладочных работ на этапе приемки систем ЖАТ в эксплуатацию.

2. Использование программ полной функциональной проверки в электронном виде как цифрового тестера электронной модели ЖАТ или программного обеспечения микропроцессорных систем. При решении этой задачи необходимо обеспечить:

– доказательство функциональной полноты списка проверок (полный проверяющий тест) относительно заданного класса ошибок и систем ЖАТ;

– разработку модуля автоматизированного дополнения списка проверок в случае обнаружения ошибки при пусконаладочных работах.

**15.** Автоматизация экспертизы технической документации ЖАТ.

Предлагается разработка модулей сверки техдокументации на соответствие:

М15.1 – ОФТД.

М15.2 – контрольному экземпляру.

М15.3 – между собой.

М15.4 – НСИ и указаниям института «Гипротрансигналсвязь».

М15.5 – техническому условию и техническому заданию.

Задача автоматизации экспертизы документации становится особо актуальной в связи с переходом на безбумажные технологии ведения технической документации. Ее решение позволит:

– контролировать все этапы создания проектной документации;

- автоматизировать проверку всех изменений на этапе выпуска рабочей документации;
- автоматизировать согласование и утверждение всех изменений после завершения пусконаладочных работ;
- автоматизировать процессы сверки эксплуатационной документации и экземпляров ШНС с контрольным экземпляром Ш;
- осуществлять защиту электронной технической документации на устройства безопасности ЖАТ при кибератаках.

Предлагается разработка подсистемы автоматической проверки схем на выполнение в них указаний института «Гипространсигналсвязь». Большая часть указаний описывает два фрагмента схемы: тот, который надо заменить, и тот, на который его надо заменить (новый).

Предлагается разработать систему, которая в выбранных схемах ищет старый фрагмент и указывает тот, на который его следует заменить. Таким образом можно выполнять проверку схем на выполнение в них указаний и повысить скорость внесения изменений в схемы.

**16.** Автоматизация планирования и контроля исполнительской дисциплины и производительности труда работников ремонтно-технического участка, Ш и ШЧ.

Предлагается разработка модулей:

M16.1 – выдачи и фиксации параметров задания.

M16.2 – фиксации параметров выполнения задания.

M16.3 – ведения графика заданий.

M16.4 – сбора и графического представления статистики выполнения заданий.

M16.5 – оценки качества выполнения задания.

M16.6 – оценки производительности труда исполнителей.

Низкий уровень производительности труда, в том числе инженерного и управленческого, требует интеллектуальных мер организации работ. Решение задачи контроля исполнительской дисциплины позволит руководителю, в том числе, применять эффективные и объективные меры для повышения производительности труда.

Предлагается разработка системы планирования на основе интеллектуальных карт. Данный подход, описанный Тони Бьюзенем как интеллект-карты для руководителя, весьма нагляден, сочетается с теми подходами, которые использует мозг человека, и позволяет получить картину работ в любом срезе, а также построить диаграммы Ганта, определить перегруженность и недозагруженность работников.

**17.** Обеспечение эффективного электронного делопроизводства.

Предлагается разработка модулей:

M17.1 – ведения единого электронного хранилища документов.



M17.2 – обеспечения оперативного доступа к документации с удаленных рабочих мест.

M17.3 – организации обсуждения документов в режиме on-line.

M17.4 – организации хранения истории изменения документов.

M17.5 – обеспечения защиты документов от несанкционированного доступа.

M17.6 – создания наглядной структурной схемы подразделений типа модели системы массового обслуживания.

M17.7 – контроля исполнительской дисциплины по исполнителям, срокам и документам.

Решение задач обеспечения делопроизводства и контроля исполнительской дисциплины способствует эффективному управлению в общей системе электронного документооборота ОАО «РЖД». При этом необходимо обеспечить соблюдение принципа наглядности прохождения каждого документа, учет времени задержки у каждого исполнителя, комментарии причин задержки, меры взыскания, штрафные санкции и поощрения работников, включенных в систему электронного документооборота.

**18. Обеспечение кибербезопасности.**

Предлагается разработка модулей:

M18.1 – электронной цифровой подписи всех документов.

M18.2 – корпоративного кодирования электронной документации.

M18.3 – резервного копирования технической документации с возможностью сверки различных документов между собой и с контрольным экземпляром.

M18.4 – автоматической периодической экспертизы схем ЖАТ.

M18.5 – проверки передаваемых и принимаемых файлов технической документации по сетям передачи данных.

Задача обеспечения кибербезопасности предполагает особый вид кибератак на электронную техническую документацию. В отличие от хакерских или вирусных кибератак, которые не могут существенно повлиять на действующие устройства ЖАТ, возможна кибератака по преднамеренному внесению ошибки в техническую документацию. Такая ошибка может быть внесена на любой стадии ведения технической документации (с момента проектирования до момента эксплуатации) и, в случае ее обнаружения, привести к потенциальному отказу ЖАТ, который при определенной технологической ситуации ведет к опасному отказу в движении поездов.

В связи с этим в комплекс организационных (заккрытие доступа к серверам баз данных техдокументации и др.) и технических (защита каналов связи и др.) мер защиты необходимо включить специальные программные средства. При разработке таких средств необходимо особое внимание уделять классу ошибок в технической документации, которые потенциально (при их обнаружении) могут привести к опасному отказу в движении поездов.

## **2 Задачи совершенствования интегрированной системы проектирования и ведения технической документации на ближайшие годы**

**19.** Автоматизированный синтез и экспертиза алгоритмов прикладного программного обеспечения микропроцессорных систем на основе схематического плана станции и таблиц взаимозависимости (совместно с разработчиками микропроцессорных систем, по их желанию).

**20.** Синтез прикладного программного обеспечения для выпуска оборудования ЖАТ на 3D-принтерах (на примере светофоров на фотодиодах).

**21.** Автоматический поиск принципиальных электросхем и монтажных электросхем из баз данных техдокументации по звуковой команде: «дорога, ШЧ, объект (станция, перегон, переезд), принципиальная схема светофора, монтажные схемы на стативах, монтажные схемы в релейных шкафах» – в задачах диагностики отказов ЖАТ.

**22.** Контроль изменений и дополнений в проектную документацию на всех стадиях существования.

Задача должна включать модули:

M22.1 – ведения электронного каталога всех видов технической документации (проектная, рабочая, исполненная, эксплуатационная).

M22.2 – ведения каталога дополнений и изменений по всем видам технической документации, вносимых на этапе проектирования, строительства, ПНР и эксплуатации.

M22.3 – идентификации электронного каталога с базой данных техдокументации.

M22.4 – хранения копий изменения документов и оснований для внесения изменений.

Задача реализуется на базе классификатора АСУ-Ш-2 (аппарат управления, дистанция СЦБ, объекты ЖАТ, системы ЖАТ, устройства ЖАТ, элементы и детали).

**23.** Программный комплекс экспертизы проектов ЖАТ на цифровых моделях технической документации железнодорожных станций, оборудованных релейными системами электрической централизации (с распространением на другие системы ЖАТ).

Программный комплекс включает модули:

M23.1 – цифровой модели схематического плана станции с таблицей ординат, двухниточного плана станции с параметрами устройств, таблицы взаимозависимости, принципиальных электрических схем, схем аппаратов управления.

M23.2 – цифровой модели подвижных единиц (поезда разной категории, локомотивы, путевые тележки).

M23.3 – цифровой модели движения подвижных единиц по станции.

M23.4 – генератора маршрутов движения поездов (имитатор действий ДСП).

M23.5 – имитатора программы полной функциональной проверки (задание, отмена, проверка условий безопасности и т. п.).

M23.6 – электронного журнала результатов проверки (тестовых воздействий и реакций).

Дальнейшее решение этой задачи – ее адаптация к другим типам ЖАТ (релейно-процессорная, микропроцессорная, системы автоматической блокировки, автоматической локомотивной сигнализации, автоматической переездной сигнализации).

**24.** Задача комплексной автоматизации управления производством (на предприятиях ОАО «РЖД»).

Решение этой задачи базируется на следующих положениях:

1. На первом этапе определяется структура предприятия комплексной автоматизации управления средствами моделирования и анализа (задача 13), строится его сетевая модель как система массового обслуживания. Определяются основные объекты автоматизации, их загрузка, методы и средства автоматизации из списка задач 1–23 интегрированной системы проектирования и ведения техдокументации, способы графического представления объекта управления.

2. На втором этапе выполняется синтез комплексной системы автоматизации управления (на базе задач и модулей интегрированной системы проектирования и ведения техдокументации) для таких предприятий производства и строительства ОАО «РЖД», как:

- заводы и цеха по производству оборудования ЖАТ;
  - центры технического обслуживания и ремонта,
- а также строительно-монтажные поезда и бригады и др.

**25.** Задача комплексной автоматизации управления пусконаладочными работами и эксплуатацией ЖАТ.

Принцип реализации задачи аналогичен задаче 24.

Объектами комплексной автоматизации могут быть:

- бригады и группы выполнения пусконаладочных работ;
- группы технической документации Ш и ШЧ (пример АРМ ВТД);
- ремонтно-технологические участки СЦБ;
- управления служб автоматики и телемеханики дорог (Ш) и дистанций СЦБ;
- группы и бригады капитального ремонта или профилактического обслуживания и замены приборов и т. п.

Техническая и программная реализация задачи осуществляется на базе задач и модулей интегрированной системы проектирования и ведения техдокументации.

**26.** Задача синтеза экспертной системы руководителя.

Под экспертными системами (в отличие от систем экспертизы) понимается одна из разновидностей систем искусственного интеллекта, которая

на основе формализованной базы знаний готовит (подсказывает) принятие какого-либо решения. Окончательное решение принимается «центральным звеном» или лицом, принимающим решения, – руководителем.

Области эффективного применения экспертной системы чрезвычайно широки и востребованы руководителями разного уровня.

Учитывая набор задач, решаемый интегрированной системой, можно утверждать, что все необходимые компоненты для синтеза различных экспертных систем имеются (базы данных техдокументации, имитационные модели, средства доставки и рассылки информации, математические методы обработки статистики и оптимизации принятия решений и т. п.).

В качестве примеров можно привести следующие разработки ООО «ИМСАТ»:

1. Экспертная система руководителя совещания. Суть системы состоит в предварительной рассылке «Протокола решений совещания» (база знаний руководителя) всем участникам совещания, которые делают резюме по каждому пункту протокола (дополняют или изменяют базу знаний руководителя). При нескольких итерациях этого процесса может оказаться, что совещание можно либо не проводить (все согласны) либо его следует отложить (много несогласных) и переработать протокол.

2. Экспертная система по письмам и телеграммам обращений к главному инженеру дороги, который не может принять окончательное решение без согласования со многими подразделениями дороги. При этом его предварительное решение (база знаний руководителя) дополняется при рассылке, затем «решающим звеном» принимается окончательное решение.

На базе модулей интегрированной системы проектирования и ведения техдокументации возможно синтезировать экспертные системы для руководителей различного уровня в целях решения задач автоматизации управления кадрами, проведения научно-исследовательских и конструкторских работ, модернизации и реконструкции устройств ЖАТ и т. п.

**27.** Автоматизация документального обеспечения задач диагностики отказов ЖАТ в нестандартных ситуациях

Предлагается разработка модулей быстрого поиска схем ЖАТ при диагностике отказов, ограничивающих процесс движения поездов (маршрут не задается, не размыкается, прием по пригласительному сигналу и т. п.).

Возможна разработка модулей:

М27.1 – автоматизации поиска рекомендаций действия дежурных по станциям и старших электромонтеров СЦБ в нестандартной ситуации.

М27.2 – быстрого поиска принципиальной электросхемы, необходимой для диагностики.

М27.3 – быстрого поиска монтажной электросхемы, необходимой для диагностики.

М27.4 – формирования условного диагностического теста, списка приборов, блоков и устройств замены, технологии ремонта и замены.

**28.** Оптимизация траектории движения грузовых поездов на участках с заданным графиком движения.

Предлагается решение оптимизационной задачи на основе моделирования и тяговых расчетов.

**29.** Задача разработки информационного портала для служб Ш и других с функциями:

- социальной сети;
- системы ведения совещаний;
- системы выдачи и контроля выполнения заданий.

**30.** Задача автоматизации обучения пользователей базовых АРМ (АРМ ВТД, АРМ ПТД, АРМ ИОТД и др.).

Большая текучесть кадров вынуждает ОАО «РЖД» тратить средства на обучение новых пользователей работе с АРМ ВТД. Предлагается разработать внутри АРМ ВТД режим «обучение пользователя», когда само АРМ будет проводить обучение.

**31.** Задача поиска неисправностей ЖАТ с функцией автоматизации обучения.

Низкое качество образования электромехаников требует повышения уровня автоматизации поиска неисправностей.

Предлагается разработать интерактивный обучающий курс поиска неисправностей, а также визуальную демонстрацию действий электромехаников в процессе диагностики.

**32.** Разработка и внедрение аппаратно-программных комплексов учета работы наработки приборов и устройств ЖАТ на базе цифровых моделей и данных систем диагностики.

Разработка таких комплексов актуальна на основе решения задачи 13 интегрированной системы проектирования и ведения техдокументации и необходима для всех систем ЖАТ, поскольку в сочетании с данными статистики по отказам устройств позволит прогнозировать отказы и предотказы ЖАТ на объективной основе.

**33.** Разработка методики анализа и прогнозирования ресурса (и степени износа) приборов, устройств и систем ЖАТ.

**34.** Разработка, согласование и утверждение отраслевого стандарта по электронной технологии ведения технической документации ЖАТ (взамен инструкции по бумажной технологии).

### **3 Программа разработки и внедрения интегрированной системы проектирования и ведения техдокументации в ОАО «РЖД»**

Ближайшие задачи внедрения и совершенствования интегрированной системы проектирования и ведения техдокументации представлены в таблице.

Перспективы развития интегрированной системы проектирования  
и ведения техдокументации

Задачи внедрения	Срок реализации, год
Внедрение электронно-цифровой подписи технической документации ЖАТ с обеспечением ее легитимности	2018
Решение задачи автоматизированной экспертизы технической документации в полном объеме	2019
Разработка, согласование и утверждение технического задания на задачу 18 (обеспечение кибербезопасности технической документации)	
Разработка инструкции по ведению и содержанию технической документации ЖАТ в электронном виде с учетом переходного периода от бумажной документации к электронной технической документации.	
Доработка задач 1–18 и программных модулей с учетом предложений раздела 2	2020
Разработка и внедрение задачи 18 в полном объеме; корректировка Инструкции по содержанию электронной технической документации	
Завершение работ по созданию электронной базы контрольных экземпляров схем ЖАТ в службах автоматики и телемеханики дорог по данным обследования	2020
Доведение технологии электронного документооборота до конечных пользователей – инженеров-электромехаников СЦБ (более 20 000 АРМ)	2023
Согласование и утверждение опытного полигона внедрения интегрированной системы проектирования и ведения техдокументации на основе безбумажной технологии	2024
Внедрение интегрированной системы проектирования и ведения техдокументации на опытном полигоне в полном объеме, рекомендации о поэтапном внедрении на всех дорогах ОАО «РЖД»	2025
Разработка и внедрение новых актуальных задач интегрированной системы проектирования и ведения техдокументации	2018–2025

## Заключение

Предлагаемый план внедрения интегрированной системы проектирования и ведения техдокументации обеспечит к 2025 г. полный переход ОАО «РЖД» на высокоэффективную (бережливую, безбумажную) технологию электронного документооборота по хозяйству ЖАТ, которая решит следующие задачи:

– повышение производительности труда в группах технической документации (порядка 3000 рабочих мест) в 5 раз;

- сокращение затрат на бумагу, принтеры, сканеры и комплектующие к ним в полном объеме;
  - сокращение затрат на содержание хранилищ бумажной документации в полном объеме (помещения и оборудование рабочих мест);
  - сокращение затрат на почту, командировочные и транспортные расходы работников групп технической документации и электромехаников (более 20 000 работников) в процессе получения, согласования и утверждения технической документации в полном объеме;
  - сокращение затрат времени на поиск и получение распечаток схем при диагностике отказов действующих устройств ЖАТ до нескольких минут и минимизация простоев поездов по этой причине;
  - сокращение затрат времени на согласование и утверждение технической документации до нескольких дней и минимизация сроков проектирования и ввода в эксплуатацию систем ЖАТ по этой причине;
  - применение средств автоматизированной экспертизы и обеспечение кибербезопасности, практически исключая опасных отказы ЖАТ из-за возможных ошибок в технической документации.
- Этот план внедрения может при минимальных доработках тиражироваться на другие дирекции, департаменты, службы ОАО «РЖД».

## Библиографический список

1. Методы построения безопасных микроэлектронных систем железнодорожной автоматики / Вал. В. Сапожников, Вл. В. Сапожников, Х. А. Христов, Д. В. Гавзов ; под ред. Вл. В. Сапожникова. – М. : Транспорт, 1995. – 272 с.
2. Системы автоматики и телемеханики на железных дорогах мира : учеб. пособие для вузов ж.-д. транспорта ; пер. с англ. ; под ред. Г. Теег, С. Власенко. – М. : Интекст, 2010. – 496 с.
3. Ефанов Д. В. Функциональный контроль и мониторинг устройств железнодорожной автоматики и телемеханики : монография / Д. В. Ефанов. – СПб. : ФГБОУ ВО ПГУПС, 2016. – 171 с.
4. Ададуров С. Е. Оптимизация управления инфраструктурой и безопасностью движения / С. Е. Ададуров, Е. Н. Розенберг, И. Н. Розенберг // Железнодорожный транспорт. – 2009. – № 9. – С. 25–30.
5. Yildirim U. Fail-Safe Signalization and Interlocking Design for a Railway Yard : An Automation Petri Net Approach / U. Yildirim, M. S. Durmuş, M. T. Söylemez // Proceedings of 7th International Symposium on Intelligent and Manufacturing Systems (IMS 2010), Sarajevo, Bosnia and Herzegovina, 15–17 September, 2010. – Pp. 461–470.
6. Malaka B. Railway Fail-Safe Signalization and Interlocking Design Based on Automation Petri Net / B. Malaka, B. K. Roy // International Conference on Information Communication and Embedded Systems (ICICES), 27–28 February 2014, Chennai. – Pp. 1–4.

7. Розенберг Е. Н. Цифровая железная дорога – ближайшее будущее / Е. Н. Розенберг // Автоматика, связь, информатика. – 2016. – № 10. – С. 4–7.
8. Madrigal M. Practical Guidance for Defining a Smart Grid Modernization Strategy / M. Madrigal, R. Uluski, K. M. Gaba // International Bank for Reconstruction and Development. – The World Bank, USA, Washington DC, 2017. – 152 p.
9. Никитин А. Б. Управление движением поездов на высокоскоростных магистралях : общесистемные требования / А. Б. Никитин // Транспорт Российской Федерации. – 2017. – № 1. – С. 12–17.
10. Ефанов Д. В. Интеграция систем непрерывного мониторинга и управления движением на железнодорожном транспорте / Д. В. Ефанов // Транспорт Российской Федерации. – 2017. – № 4. – С. 62–65.
11. Розенберг Е. Н. Цифровая железная дорога / Е. Н. Розенберг, В. И. Уманский, Ю. В. Дзюба // Транспорт Российской Федерации. – 2017. – № 5. – С. 45–49.
12. Василенко М. Н. Автоматизированная система экспертизы схемных решений железнодорожной автоматики и телемеханики / М. Н. Василенко, А. М. Горбачев, Д. В. Зуев, Е. В. Григорьев // Транспорт Российской Федерации. – 2012. – № 5 (36). – С. 64–68.
13. Булавский П. Е. Автоматизация информационного обеспечения руководителей железнодорожного транспорта на основе внедрения электронного документооборота / П. Е. Булавский, М. Н. Василенко, А. А. Корниенко, А. Д. Хомоненко // Известия Петербургского университета путей сообщения. – 2012. – Вып. 2 (31). – С. 116–118.
14. Василенко М. Н. Применение теории и методов экспертизы схемных решений ЖАТ для повышения качества ведения технической документации / М. Н. Василенко, А. М. Горбачев // Транспорт Российской Федерации. – 2012. – № 6 (43). – С. 40–42.
15. Василенко М. Н. Автоматизированная система экспертизы схемных решений железнодорожной автоматики и телемеханики (АС ЭСР ЖАТ) / М. Н. Василенко, А. М. Горбачев, Р. Т. Мустафаев // Автоматика. Связь. Информатика (АСИ). – 2013. – № 4. – С. 11–13.
16. Василенко М. Н. Экономическое обоснование принятия решений в логистических центрах ОАО РЖД в реальном масштабе времени / М. Н. Василенко, Д. В. Зуев // Железнодорожное дело : всероссийский информационно-аналитический журнал. – 2015. – № 1. – С. 20–21.
17. Василенко М. Н. Кибербезопасность технической документации железнодорожной автоматики и телемеханики / М. Н. Василенко, Д. В. Зуев // Транспорт Российской Федерации. – 2015. – № 2 (57). – С. 25–28.
18. Василенко М. Н. Интеллектуальная система электронного документооборота в хозяйстве железнодорожной автоматики и телемеханики / М. Н. Василенко, Д. В. Зуев, Д. В. Седых, П. А. Василенко // Сборник материалов 1-й Международной научно-практической конференции «Транспортные интеллектуальные системы – 2017 (TIS-2017)». – СПб. : ФГБОУ ВО ПГУПС, 2017. – С. 247–254.



Michael N. Vasilenko,  
Vladimir P. Bubnov,  
Denis V. Zuyev,  
Petr A. Vasilenko,  
Dmitry V. Sedykh

*«Automation and remote control on railways» department  
Emperor Alexander I St. Petersburg State Transport University*

### **Development prospects of intelligent electronic document management in railway automation and remote control**

Electronic document management acts as a powerful resource-saving technology all over the world. Such technologies as «electronic government», «digital railway», etc. become widespread development. This article deals with the attempt to systematize the «Automation and remote control on railways» department's elaborations in the area of development and introduction of intelligent tasks of electronic document management in railway automation and remote control. Based on this systematization intelligent components of electronic document management are displayed at the stage of development (analysis, synthesis, optimization), at the stage of designing (automation of design, expertise), at the stage of start-up and adjustment works (automation of testing and diagnostic programs) and at the stage of operation of railway automation and remote control systems (expert systems, digital signature, cyber security of technical documentation). The necessary software modules for realization of integrated system for design and maintenance of technical documentation, the program of revision and introduction in JSC Russian Railways are proposed. The expected indicators of resource saving efficiency are described.

electronic document management; electronic branch for technical documentation; branch framework for technical documentation; intelligent electronic document management

## **References**

1. Sapozhnikov Val. V., Sapozhnikov Vl. V., Gavzov D. V., Hristov H. A. (1995). Ed. Sapozhnikov Vl. V. Methods for Constructing Safe Microelectronic Railway Automation Systems [Metody postroeniya bezopasnyh mikroelektronnyh sistem zheleznodorozhnoj avtomatiki]. Moscow, Transport [Transport]. – 272 p.
2. Automation and remote control systems on the world railways: a textbook for high schools of railways transport (2010) [Sistemy avtomatiki i telemekhaniki na zheleznyh dorogah mira]. Eds. G. Teeg, S. Vlasenko. Moscow, Intext. – 496 p.

3. Efanov D. V. (2016). Concurrent checking and monitoring of railway automation and remote control devices [Funkcional'nyj kontrol' i monitoring ustrojstv zheleznodorozhnoj avtomatiki i tele-mekhaniki, monografiya]. St. Petersburg, PSTU [PGUPS]. – 171 p.
4. Adadurov C. E., Rozenberg E. N., Rozenberg I. N. (2009). Optimization of infrastructure management and traffic safety [Optimizaciya upravleniya infrastrukturuj i bezopasnost'yu dvizheniya] Railway transport [zheleznodorojnij transport], issue 9. – Pp. 25–30.
5. Yildirim U., Durmuş M. S., Söylemez M. T. (2010). Fail-Safe Signalization and Interlocking Design for a Railway Yard. An Automation Petri Net Approach. Proceedings of 7th International Symposium on Intelligent and Manufacturing Systems (IMS 2010), Sarajevo, Bosnia Herzegovina, 15–17 September. – Pp. 461–470.
6. Malaka B., Roy B. K. (2014). Railway Fail-Safe Signalization and Interlocking Design Based on Automation Petri Net, International Conference on Information Communication and Embedded Systems (ICICES), 27–28 February, Chennai. – Pp. 1–4.
7. Rozenberg E. N. (2016). Digital Railways – the near future [Cifrovaya zheleznaya doroga – blizhajshee budushchee]. Automation, Communication and Informatics [Avtomatika, svyaz', informatika], issue 10. – Pp. 4–7.
8. Madrigal M., Uluski R., Gaba K. M. (2017). Practical Guidance for Defining a Smart Grid Modernization Strategy. International Bank for Reconstruction and Development. The World Bank, USA, Washington DC. – 152 p.
9. Nikitin A. B. (2017). Traffic control on high-speed highways: system-wide requirements [Upravlenie dvizheniem poezdov na vysokoskorostnyh magistralyah: obshchesistemnye trebovaniya]. Transport of Russian Federation [Transport Rossijskoj Federacii], issue 1. – Pp. 12–17.
10. Efanov D. V. (2017). Integration of health monitoring and traffic management systems in railway transport [Integraciya sistem nepreryvnogo monitoringa i upravleniya dvizheniem na zheleznodorozhnom transporte]. Transport of Russian Federation [Transport Rossijskoj Federacii], issue 4. – Pp. 62–65.
11. Rozenberg E. N., Umansky V. I., Dzyuba Yu. V. (2017). Digital Railways [Cifrovaya zheleznaya doroga]. Transport of Russian Federation [Transport Rossijskoj Federacii], issue 5. – Pp. 45–49.
12. Vasilenko M. N., Gorbachev A. M., Zuev D. V., Grigor'ev E. V. (2012). Automated system of expertise of circuit solutions for railway automation and remote control [Avtomatizirovannaya sistema ehkspertizy skhemnyh reshenij zheleznodorozhnoj avtomatiki i telemekhaniki]. Transport of Russian Federation [Transport Rossijskoj Federacii], issue 5 (36). – Pp. 64–68.
13. Bulavskij P. E., Vasilenko M. N., Kornienko A. A., Homonenko A. D. (2012). Automation of information support for railway transport managers based on the introduction of electronic document management [Avtomatizaciya informacionnogo obespecheniya rukovoditelej zheleznodorozhnogo transporta na osnove vnedreniya ehlektronnogo dokumentooborota]. Proceedings of Petersburg Transport University [Izvestiya Peterburgskogo universiteta putej soobshcheniya], issue 2. – Pp. 116–118.
14. Vasilenko M. N., Gorbachev A. M. (2012). Application of the theory and methods of examination of circuit solutions of the GAT for improving the quality of technical

- documentation [Primenenie teorii i metodov ehkspertizy skhemnyh reshenij ZHAT dlya povysheniya kachestva vedeniya tekhnicheskoy dokumentacii]. Transport of Russian Federation [Transport Rossijskoj Federacii], issue 6 (43). – Pp. 40–42.
15. Vasilenko M. N., Gorbachev A. M., Mustafaev R. T. (2013). Automated system for the examination of circuit solutions for railway automation and remote control [Avtomatizirovannaya sistema ehkspertizy skhemnyh reshenij zheleznodorozhnoj avtomatiki i telemekhaniki (AS EHSR ZHAT)]. Automation, Communication and Informatics [Avtomatika, svyaz', informatika], issue 4. – Pp. 11–13.
  16. Vasilenko M. N., Zuev D. V. (2015). Economic justification of decision making in logistics centers of Russian Railways OJSC in real time [Ekonomicheskoe obosnovanie prinyatiya reshenij v logisticheskikh centrakh OAO RZHD v real'nom masshtabe vremeni]. All-Russian Information Analytical Journal «Railway business» [Vserossijskij informacionno analiticheskij zhurnal «ZHeleznodorozhnoe delo»], issue 1. – Pp. 20–21.
  17. Vasilenko M. N., Zuev D. V. (2015). Cybersecurity of technical documentation for railway automation and remote control [Kiberbezopasnost' tekhnicheskoy dokumentacii zheleznodorozhnoj avtomatiki i telemekhaniki]. Transport of Russian Federation [Transport Rossijskoj Federacii], issue 2. – Pp. 25–28.
  18. Vasilenko M. N., Zuev D. V., Sedyh D. V., Vasilenko P. A. (2017). Intellectual system of electronic document management in the economy of railway automation and remote control [Intellektual'naya sistema ehlektronnogo dokumentooborota v hozyajstve zheleznodorozhnoj avtomatiki i telemekhaniki]. Collection of materials of the 1st International Scientific and Practical Conference «Transport Intelligence Systems» [Sbornik materialov 1 mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii «Transportnye intellektual'nye sistemy»] (TIS-2017). – Pp. 247–254.

*Статья представлена к публикации членом редколлегии Вал. В. Сапожниковым  
Поступила в редакцию 04.12.2017, принята к публикации 28.12.2017*

*ВАСИЛЕНКО Михаил Николаевич – доктор технических наук, профессор кафедры «Автоматика и телемеханика на железных дорогах» Петербургского государственного университета путей сообщения Императора Александра I.  
e-mail: 9416579@gmail.com*

*БУБНОВ Владимир Петрович – доктор технических наук, профессор кафедры «Информационные и вычислительные системы» Петербургского государственного университета путей сообщения Императора Александра I.  
e-mail: bubnov1950@yandex.ru*

*ЗУЕВ Денис Владимирович – кандидат технических наук, доцент кафедры «Высшая математика» Петербургского государственного университета путей сообщения Императора Александра I.  
e-mail: zuevdv@gmail.com*

---

*ВАСИЛЕНКО Петр Алексеевич* – студент факультета «Автоматизация и интеллектуальные технологии» Петербургского государственного университета путей сообщения Императора Александра I.  
e-mail: [vasilenko.p.al@gmail.com](mailto:vasilenko.p.al@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](mailto:sedyhdmitriy@gmail.com)

© Василенко М. Н., Бубнов В. П., Зуев Д. В., 2018  
© Василенко П. А., Седых Д. В., 2018