

# Автоматизированная система экспертизы схемных решений железнодорожной автоматики и телемеханики

**М. Н. ВАСИЛЕНКО**, докт. техн. наук, профессор, руководитель Научно-технического центра систем автоматизированного проектирования,

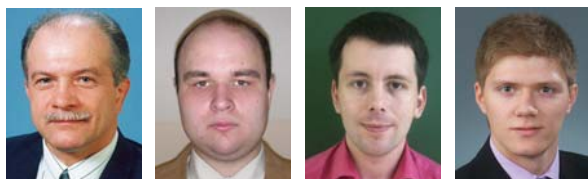
**А. М. ГОРБАЧЕВ**, канд. техн. наук, инженер лаборатории «Автоматизация проектирования и моделирования систем ЖАТ»

кафедры «Автоматика и телемеханика на железных дорогах»,

**Д. В. ЗУЕВ**, аспирант, ассистент кафедры «Высшая математика»,

**Е. В. ГРИГОРЬЕВ**, аспирант, инженер лаборатории «Автоматизация проектирования и моделирования систем ЖАТ»

кафедры «Автоматика и телемеханика на железных дорогах», Петербургский государственный университет путей сообщения



**Как правило, при экспертизе проектно-сметной документации железнодорожной автоматики и телемеханики выявляется много ошибок. Устранение этих недостатков на этапах строительно-монтажных и пусконаладочных работ ведет к существенным экономическим потерям и срыву сроков, а невыявленные ошибки становятся причиной аварийных ситуаций и задержек в движении поездов. Решением проблемы может стать развитие систем автоматизированного проектирования в сочетании с использованием средств автоматизированной экспертизы проектной документации.**

Строительство, модернизация и реконструкция железнодорожных объектов включает в себя ввод в эксплуатацию новых систем железнодорожной автоматики и телемеханики (ЖАТ). Большие объемы и высокие темпы работ становятся одной из объективных причин возникновения ошибок в проектно-сметной документации. Кроме того, усложняющим фактором является разнообразие систем ЖАТ, а также то, что даже при наличии типовых решений проекты остаются сложными, а их реализация — весьма трудоемкой.

При этом применение систем автоматизированного проектирования (САПР) в основном сводится к использованию графических редакторов с библиотеками элементов ЖАТ. Уровень формализации и алгоритмизации выполнения наиболее сложных и трудоемких проектных процедур следует признать низким.

Эффективным решением данной проблемы является дальнейшее развитие САПР, которое должно сопровождаться использованием средств автоматизированной экспертизы проектной документации. Экспертиза представлена

в электронном виде, в рамках «Интегрированной системы автоматизации проектирования и ведения технической документации железнодорожной автоматики и телемеханики» (ИС ПВТД ЖАТ), которая разработана в Научно-техническом центре САПР Петербургского университета путей сообщения [1].

Необходимость разработки автоматизированной системы экспертизы схемных решений железнодорожной автоматики и телемеханики (АС ЭСР ЖАТ) была признана на совещании главных инженеров служб автоматики и телемеханики и руководителей про-

ектных организаций, занимающихся строительством и реконструкцией ЖАТ. Кроме того, о ней свидетельствует оценка качества работы проектных организаций, утвержденная вице-президентом ОАО «РЖД» В. Б. Воробьевым 12 мая 2008 г. (п. 3.18).

АС ЭСР ЖАТ предназначена для автоматизированного обнаружения ошибок, возникающих в процессе проектирования ЖАТ, внесения изменений и переноса на электронные носители технической документации (ТД).

Исходными данными для организации экспертизы проектов в АС ЭСР ЖАТ являются:

- ТД проекта, представленная в отраслевом формате технической документации (ОФТД СЦБ);
- техническое задание на проект, представленное в формализованном виде;
- нормативно-справочная информация, касающаяся норм и правил проектирования, типовых проектных решений и т. п. и представленная в виде локальных баз данных для всех типов документации ЖАТ;
- методические указания и программы испытания систем сигнализации,



**Рис. 1. Концепция построения автоматизированной системы экспертизы схемных решений железнодорожной автоматики и телемеханики (АС ЭСР ЖАТ)**

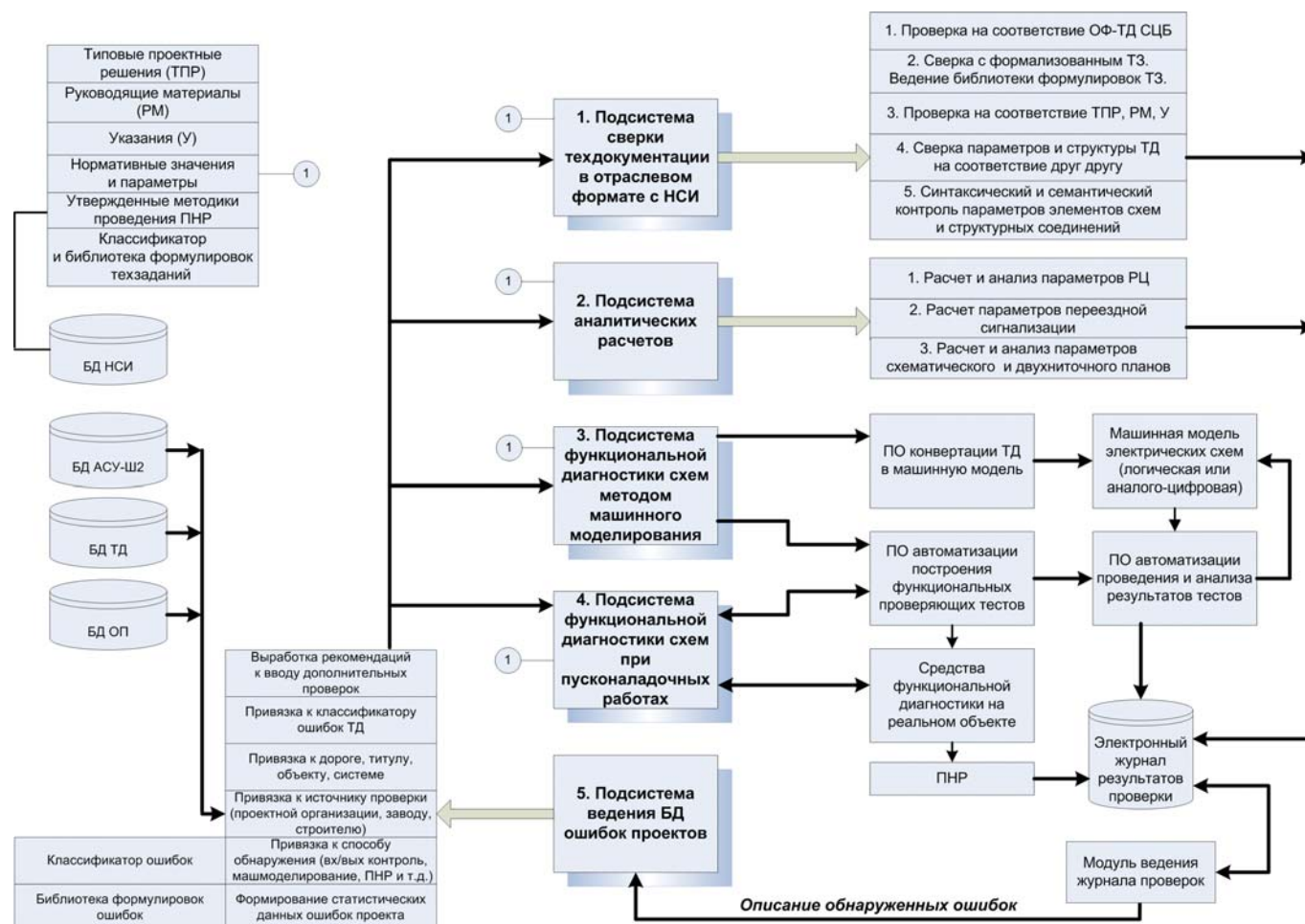


Рис. 2. Структурная схема автоматизированной системы экспертизы схемных решений железнодорожной автоматики и телемеханики (АС ЭСР ЖАТ)

централизации и блокировки (СЦБ) при пусконаладочных работах.

Основные положения концепции построения АС ЭСР ЖАТ отражены на рис. 1.

### Отраслевой формат технической документации СЦБ (1)

ОФТД СЦБ и его расширение позволяет использовать систему экспертизы в единой информационной среде при взаимодействии между проектными организациями и всеми уровнями управления хозяйством автоматики и телемеханики.

Формат ОФТД является открытым форматом, разработанным на базе расширяемого языка разметки (XML) версии 1.0. Для представления графической информации используется подмножество языка масштабируемой векторной графики SVG. В документе также применена технология каскадных таблиц стилей (Cascading Style Sheets — CSS). Для представления форматирования текста используется XHML и RTF. Использование таких общепринятых языков обеспечивает

возможность просмотра и печати графической части документов, сохраненных в формате ОФТД, с помощью любых средств редактирования и просмотра векторной графики, поддерживающих SVG.

ОФТД СЦБ активно развивается. В настоящее время уже разработаны и утверждены комиссией Департамента автоматики и телемеханики следующие документы [2]: «Отраслевой формат. Структура и общие данные», «Отраслевой формат. Библиотека и описание элементов», «Отраслевой формат схематических планов станций», «Отраслевой формат двухниточных планов станций», «Отраслевой формат кабельных планов станций и перегонов», «Отраслевой формат. Описание элементов принципиальных схем», «Отраслевой формат. Описание монтажных схем», «Отраслевой формат. Описание аппаратов управления».

Благодаря полной открытости ОФТД исключается зависимость от производителя (vendor lock-in — замыкание на производителе), что выгодно всем участникам электронного документо-

оборота, и прежде всего ОАО «РЖД». Открытость данного формата принципиальным образом отличает его от популярного в настоящее время формата DWG, являющегося проприетарным (собственным, закрытым) форматом Autodesk.

В связи с тем что многие организации выполняют свои проекты в редакторе AutoCAD фирмы Autodesk, активно разрабатываются и внедряются конвертеры технической документации в отраслевой формат [там же].

Для проведения экспертизы технической документации требуется непрерывное сопровождение и дополнение формата новыми объектами и параметрами.

### Базы данных коллективного пользования (2)

Базы данных коллективного пользования (БДКП) обеспечивают всем участникам информационного обмена доступ к необходимой документации, сохраняя при этом ее целостность.

АСУ-Ш-2 является наиболее полной и постоянно обновляющейся базой обслуживания железнодорожной автома-

## ● НАУКА

тики и телемеханики, поэтому именно она взята за основу БДКП. Однако в связи с особенностями своего предназначения АСУ-Ш-2 не содержит, в частности, данных об электрических параметрах железнодорожных элементов, следовательно, требуется дополнение БДКП недостающей информацией.

### Проверка на соответствие нормативно-справочной информации (3)

Формальная проверка документации на соответствие нормативно-справочной информации (НСИ) обеспечивает контроль входных данных с точки зрения их соответствия отраслевому формату, техническому заданию, типовым проектным решениям (ТПР) и руководящим материалам (РМ), а также соответствия друг другу. Большое значение имеет синтаксический и семантический контроль правильности построения схем, так как с его помощью осуществляется их формальный анализ.

### Аналитические расчеты (4)

Использование аналитических расчетов для проверки документации позволяет оценить правильность задания параметров схем рельсовых цепей, переездной сигнализации и т. д.

### Машинное моделирование (5)

Функциональная диагностика схем с применением метода машинного моделирования обеспечивает проверку правильности логики работы принципиальных схем, а также позволяет провести численную оценку параметров соответствующих электрических цепей.

### Расширение системы по результатам пусконаладки (6)

Функциональная диагностика схем при пусконаладочных работах представляет собой диагностику реального, уже построенного объекта. Применение данного принципа позволяет обнаружить ошибки, которые не были выявлены другими методами испытаний.

### Базы данных ошибок и проверок (7)

Ведение баз данных ошибок и проверок обеспечивает накопление статистики по экспертизе проектов и результатам пусконаладочных работ. Благодаря использованию обратных связей в АС ЭСР осуществляется расширение системы для обнаружения ранее необработанных ошибок.

На основе информации, накапливающейся в журнале проверок, формируется список невыявленных ошибок и осуществляется модернизация соответствующих модулей системы ЭСР ЖАТ.

### Структурная схема работы АС ЭСР ЖАТ

Реализация приведенной концепции АС ЭСР ЖАТ осуществляется по следующей структурной схеме (рис. 2).

Экспертиза проекта начинается с работы подсистемы сверки технической документации в отраслевом формате с НСИ. Данная подсистема сверки включает в себя ряд проверок.

- Проверка на соответствие ОФТД СЦБ, осуществляющаяся перед проведением экспертизы проекта. Если проект выполнен не в отраслевом формате, необходимо перекодировать его в данный формат.

- Проверка на соответствие ТЗ. На этом этапе подсистема проверяет выполненный проект на соответствие формализованному техническому заданию, которое представляет собой набор требований к проектированию данного железнодорожного объекта. В рамках проверки выявляются, были ли выполнены эти требования, а также с точки зрения соответствия техническому заданию оценивается правильность выбора следующих систем и устройств: системы электрической централизации или автоблокировки; специализации путей; централизуемых стрелок; типа сигнализации; типов светофоров; типов стрелок и стрелочных приводов; путей, подлежащих кодированию; систем автовозврата, электрообогрева, обдува приводов и т. п.; параметров переездов; систем на примыканиях.

- Проверка на соответствие типовым проектным решениям (ТПР) и руководящим материалам (РМ). Она предполагает анализ проекта с точки зрения его соответствия методическим указаниям и нормативной документации, т. е. формальную проверку соответствия нормативным требованиям. Здесь же осуществляется сравнение проектных решений с типовыми блоками, хранящимися в БД НСИ, в частности на основе нечетких алгоритмов [3].

- Сверка параметров и структуры ТД с целью выявления их соответствия друг другу. В данном случае предполагается проверка взаимного соответствия информации из разных частей проекта (например, соответствие схематического плана двухниточному плану и кабельной сети, увязка постовой кабельной сети и напольной и т. д.).

- Проверка документации методами синтаксического и семантического контроля параметров элементов схем и структурных соединений. На основе атрибутивных грамматик [4] проводится анализ полноты и правильности задания атрибутов элементов, синтаксический и семантический контроль схем. В рамках синтаксического контроля проверяется правильность нумерации и обозначения стрелок, сигналов и др. В рамках контроля семантики проверяется соблюдение правил чередования полярности или частот рельсовых цепей, образования изолированных стрелочных секций, стрелочных улиц и маршрутов, правильность расчета длин кабелей и т. д. [5–7].

Проверка на соответствие ОФТД СЦБ должна быть выполнена в первую очередь, поскольку позволяет удостовериться в корректности ввода входных данных в систему. Другие проверки могут выполняться в произвольном порядке независимо друг от друга.

Для каждого типа схем вводятся свои проверки в зависимости от особенностей данных схем (схематические и двухниточные планы станций и перегонов, кабельные сети, схемы канализации тягового тока, принципиальные и монтажные схемы, аппараты управления).

Подсистема аналитических расчетов включает в себя набор расчетных модулей. С их помощью осуществляется расчет и анализ параметров схематических и двухниточных планов, расчет тональных рельсовых цепей и переездной сигнализации. В ходе проверок обнаруживаются такие ошибки, как неверное чередование полярности в тональных рельсовых цепях, отсутствие ординаты переезда, неправильное задание скоростей движения по переезду и др.

Подсистема функциональной диагностики схем методом машинного моделирования наиболее точно определяет наличие ошибок в принципиальных схемах. В автоматическом режиме создается имитационная модель проектируемой системы на основе проектной документации и БД НСИ. Сначала происходит объединение частей схем, расположенных на различных листах, в одну. Затем каждый элемент заменяется на соответствующий ему блок моделирования. Информация об используемых блоках и их параметрах содержится в БД НСИ.

Полученная аналого-цифровая модель позволяет провести экспертизу схемных решений с учетом электри-



ческих параметров элементов и реле, а также переходных процессов, оказывающих существенное влияние на характеристики работы элементов.

Набор тестовых воздействий может быть задан вручную или сформирован автоматически на основе таблицы маршрутных зависимостей и программы пусконаладочных, регулировочных, приемочных и эксплуатационных испытаний следующих компонентов:

- питающих устройств, индикации на аппаратах управления;
- задания маневровых и поездных маршрутов;
- враждебности маршрутов и местного управления стрелками;
- взаимного замыкания стрелок и сигналов в соответствии с таблицей взаимозависимости;
- замыкания маршрутов;
- враждебности сигналов и схем ограждения составов;
- увязки с переездами, сигналами и устройствами путевой блокировки;
- оповещения переездов, оборудованных сигнализацией, пешеходных переходов, расположенных в зоне поездных и маневровых маршрутов, а также в районе работы путевых бригад.

Программа испытаний корректируется в зависимости от типа и функциональных возможностей систем электрических централизаций и автоблокировок. При этом в нее включаются любые дополнительные виды специальных проверок, при проведении которых учитывается опыт предыдущих пусконаладочных работ и регулировок.

Все испытания, касающиеся моделей проекта электрических схем, проводятся в машинном масштабе времени. За-

дача моделирования отдельных испытаний может быть распределена между компьютерами.

Функциональная диагностика схем при пусконаладочных работах представляет собой человеко-машинную систему, которая осуществляет проверку работы системы на реальном, уже построенном объекте.

Отдельные функции АС ЭСР ЖАТ реализованы в разработках, выполненных в научно-техническом центре САПР Петербургского государственного университета путей сообщения (НТЦ САПР ПГУПС). В рамках автоматизированного рабочего места комплексной проверки и анализа технической документации (АРМ КПА) были реализованы формальные проверки методами синтаксического и семантического анализа. В автоматизированном рабочем месте тестирования документации осуществлена функциональная диагностика ряда принципиальных схем методами машинного моделирования [5]. Однако низкое качество проектов ЖАТ и высокие трудозатраты на проверку требуют разработки новых, более совершенных средств анализа и проверки технической документации.

### Сферы применения АС ЭСР ЖАТ

Важнейшим направлением применения АС ЭСР является комплексный входной контроль проекта перед его приемкой в службах автоматики и телемеханики дорог, а также контроль технической документации после ее переноса на машинные носители при внесении большого числа изменений и дополнений в результате пусконаладочных работ.

Кроме того, АС ЭСР применяется в проектных организациях для комплексного выходного контроля выпускаемой технической документации и контроля технической документации при ее конвертации в ОФТД СЦБ для передачи заказчику. Задача особенно актуальна при наличии нескольких субподрядчиков и в случае, если выполнение проекта поделено между несколькими исполнителями.

Также система может быть использована для контроля качества проектно-сметной документации в организациях, занимающихся экспертизой проектов СЦБ.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Василенко М. Н., Булавский П. Е., Трохов В. Г., Денисов Б. П. Интегрированная система проектирования и ведения технической документации // Автоматика. Связь. Информатика (АСИ). — 2000. — № 9.
2. Балчев Н. Н., Василенко М. Н., Трохов В. Г., Седых Д. В. Проблемы внедрения отраслевого формата // Автоматика. Связь. Информатика (АСИ). — 2010. — № 3.
3. Люгтер Дж. Ф. Искусственный интеллект. Стратегии и методы решения сложных проблем. — М.: Вильямс, 2005.
4. Гладкий А. В. Формальные языки и грамматики. — М.: Наука, 1973.
5. Безродный Б. Ф., Василенко М. Н., Денисов Б. П., Седых Д. В. Автоматизация проверки проектов на основе АРМ-ТЕСТ // Автоматика. Связь. Информатика (АСИ). — 2008. — № 9.
6. Кочетков А. А., Василенко М. Н., Денисов Б. П., Траясов М. С., Максименко О. А. Система контроля и обеспечения качества проектной документации // Автоматика. Связь. Информатика (АСИ). — 2006. — № 8.
7. Тележенко Т. А. Автоматизированная система экспертизы схемных решений // Автоматика. Связь. Информатика (АСИ). — 2009. — № 5.

