

удовлетворяющая (за некоторыми исключениями) спецификации 2.2.2. В ближайшее время ожидается принятие спецификации 2.2.4. В этой ситуации первостепенной задачей являются внедрение и эксплуатация работоспособной системы ETCS с проведением проверки на эксплуатационную совместимость уже при достаточной стабилизации спецификации UNISIG. Орган, уполномоченный для проведения такой проверки, участвовал во всех мероприятиях, связанных с разработкой системы. В него уже передан запрос на получение соответствующего сертификата.

Следующим шагом станет консолидация системы, в ходе которой будут проводиться испытательные, проверочные и приемочные поездки подвижного состава других изготовителей и других стран. Опыт показывает, что перед этим целесообразно испытать бортовые устройства в лабораторных условиях в связи с соответствующим центром RBC, поскольку даже

подтверждение полного выполнения требований спецификации не дает гарантии того, что бортовые устройства и RBC будут взаимодействовать в разных эксплуатационных условиях таким образом, как на это рассчитывает конкретная железная дорога.

### Перспективы

В 2005 г. планируется оборудовать линию Берлин — Ютербог — Галле/Лейпциг всеми принятыми на DBAG системами локомотивной сигнализации (т. е. наряду с ETCS также точечной АЛС PZB и АЛСН LZB), чтобы облегчить более широкое распространение европейской системы управления движением поездов в Германии.

*A. Beer et al. Signal und Draht, 2004, № 12, S. 19 – 21.*

## Упрощенная система диспетчерского управления для региональных линий

*Высшая инженерная школа в Вельсе (Австрия) разработала для компании Stern&Hafferl — оператора нескольких региональных железных дорог в Верхней Австрии недорогую современную систему диспетчерского управления движением поездов. Она основана на определении местоположения поездов посредством системы спутниковой навигации GPS и применении радиосвязи для обмена информацией между диспетчерским постом и поездами.*

В Европе эксплуатируется большое число систем обеспечения безопасности движения поездов, предназначенных для линий наиболее загруженной части железнодорожной сети. В последние годы разработана унифицированная европейская система управления движением поездов ETCS, внедрение которой в ближайшие годы начнется в большинстве стран Европы. Однако для повсеместного перехода на систему ETCS потребуется много лет, поскольку затраты на ее внедрение высоки. В течение длительного периода будут параллельно эксплуатироваться прежние системы локомотивной сигнализации и ETCS.

Небольшие региональные железные дороги зачастую не располагают крупными инвестициями, необходимыми для внедрения ETCS.

Многие региональные железные дороги используют технологию диспетчерского управления движением поездов, при которой диспетчер передает машинисту по радиотелефону разрешение на движение до определенной станции. Если при этом диспетчер или машинист локомотива делает ошибку, возможна опасная ситуация. Так, только в 2002 г. в Австрии произошло два крушения с тяжелыми последствиями — на железных дорогах Donauuferbahn (из-за ошибки диспетчера, который неправильно указал пункт назначения на линии) и Murtalbahn (по вине машиниста, который не пропустил встречный поезд в пункте скрещения).

В связи с этим цель проекта состояла в разработке такой системы, которая могла бы повысить безопасность и оптимизировать технологические процессы на региональных линиях с упрощенными условиями эксплуатации. Стоимость новой системы сигнализации должна быть примерно такой же, как существующей. В настоящее время железные дороги

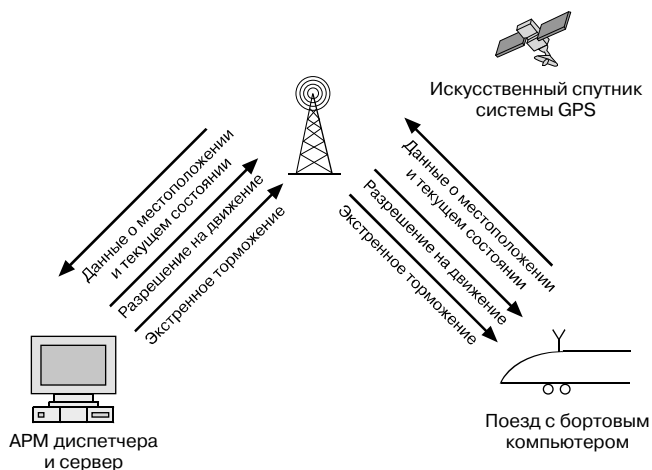


Рис. 1. Концепция системы диспетчерского управления

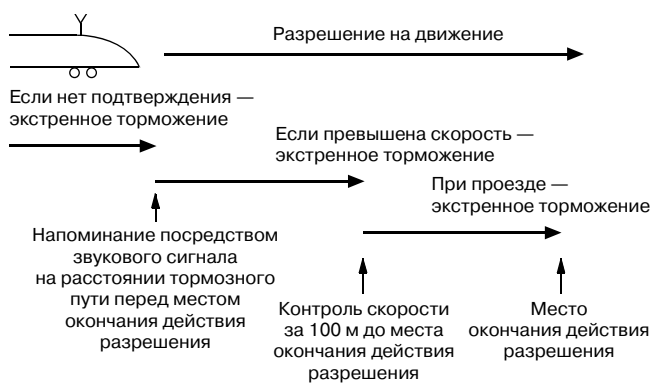


Рис. 2. Процедура контроля разрешения на движение

не располагают равноценной системой, удовлетворяющей предъявленным требованиям. Разработанная для железных дорог Германии (DBAG) система диспетчерского управления на базе радиосвязи FFB (см. «ЖДМ», 2000, № 4) рассчитана на обеспечение гораздо более высокого уровня автоматизации перевозочного процесса, а потому сравнение с ней неправомерно.

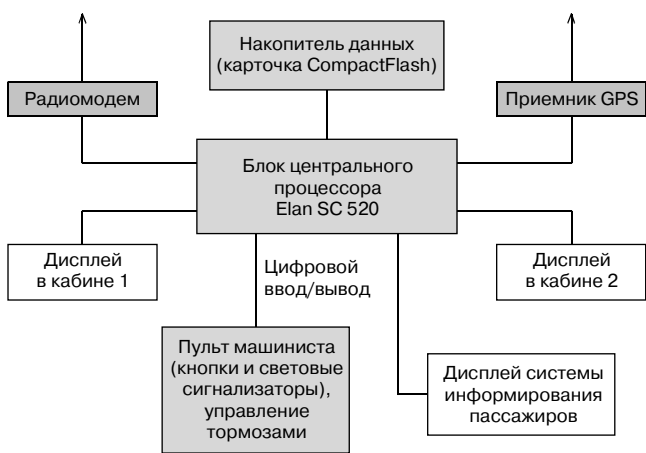


Рис. 3. Конфигурация бортового компьютера

### Технические и технологические решения

Для создания системы были разработаны следующие технические и технологические решения:

- воспроизведение существующей технологии (диспетчерское управление с использованием радиотелефонной связи) в системе на базе компьютерной техники. Безопасность по-прежнему обеспечивается действиями диспетчера, но уже при технической поддержке со стороны компьютерной системы;
- оборудование поездов бортовыми компьютерами с расширенными возможностями ввода/вывода;
- строительство системы передачи данных по радио между диспетчерским постом и поездами;
- определение местоположения поездов посредством дифференцированной системы спутниковой навигации (dGPS) и колесных датчиков; отказ от определения местоположения с распознаванием пути, на котором находится поезд;
- концепция удобного пользовательского интерфейса на основе стандарта операционной системы Windows (для диспетчерского поста) и чисто текстового режима для дисплея в кабине машиниста;
- надежное, отказоустойчивое и простое в обслуживании программное обеспечение центрального и бортового компьютеров;
- отказ от резервирования аппаратных средств по экономическим соображениям.

Базовая концепция системы показана на рис. 1.

Большинство систем СЦБ для железнодорожного транспорта разрабатывается в соответствии с требованиями уровня безопасности 4 для программного обеспечения (SSAS 4) согласно европейскому стандарту EN 50128. Достигнуть этого уровня безопасности можно только посредством дорогостоящих мероприятий, таких, как резервирование аппаратных средств, применение частично диверсифицированного ПО. При создании системы диспетчерского управления пошли по другому пути с учетом имеющихся возможностей. Задача состояла в том, чтобы получить не классическую систему уровня SSAS 4, а улучшить существующую ситуацию, когда из-за ошибки диспетчера или машиниста может возникнуть опасная ситуация.

Для этого были реализованы следующие мероприятия, направленные на создание недорогой и достаточно безопасной системы:

- все ответственные операции в системе основаны на непосредственном вводе команд или должны быть подтверждены оператором;
- резервирование ПО в нескольких наиболее ответственных приложениях;
- компенсация отсутствия безопасной технологии передачи по радиоканалу за счет процедур отправки квитирующих и контрольных сообщений;
- разработка ПО, обладающего развитыми возможностями обнаружения ошибок;

- длительные эксплуатационные испытания с последующей валидацией системы.

Для создания приложений использован язык программирования Ada, рекомендуемый стандартом EN 50128 для систем с повышенными требованиями к безопасности.

### Контрольные функции

При вводе команд диспетчера система проверяет, было ли выдано ранее разрешение на движение для того же участка (это не касается участков, закрытых для движения в связи с производством путевых работ). Все введенные в центральный компьютер сведения об особенностях участка (ограничениях скорости, местах работы путевых бригад) автоматически передаются на поезд вместе с разрешением на движение.

Диспетчер может в случае возникновения опасности включить экстренное торможение поезда.

Бортовой компьютер контролирует выполнение условий разрешения на движение. Для этого используются функции, схожие с применяемыми в точечной АЛС Indusi/PZB. Процедура контроля показана на рис. 2. Если поезду не выделено разрешение на движение или выделено разрешение на маневровое передвижение, то сразу после трогания поезда включается принудительное торможение.

### Компоненты системы

Опытный участок Гмунден — Форхдорф и обрабатываемые на нем поезда оборудованы следующими техническими средствами.

**Бортовой компьютер.** На поезде устанавливают компьютер, отвечающий требованиям эксплуатации на железнодорожном транспорте и совместимый с промышленными ПК (рис. 3). К нему подключены средства ввода/вывода и импульсные колесные датчики, а также прибор управления и индикации на каждом из пультов управления (рис. 4).

**Центральный компьютер.** На диспетчерском посту устанавливают высококачественный стандартный сервер с соответствующими средствами защиты данных. К нему подключены соответствующие периферийные устройства, включая приемник GPS для генерации корректирующих данных системы спутникового позиционирования. Рабочее место диспетчера (рис. 5) может быть оборудовано одним или несколькими мониторами в зависимости от протяженности и уровня сложности контролируемого участка. Конфигурация оборудования на диспетчерском посту показана на рис. 6.

**Система радиосвязи.** Участок оборудуют системой радиосвязи с ретрансляторами, число которых зависит от топографических условий. Система обладает хорошей функциональностью, обеспечивая интел-



Рис. 4. Устройство индикации и управления на пульте машиниста



Рис. 5. Рабочее место диспетчера

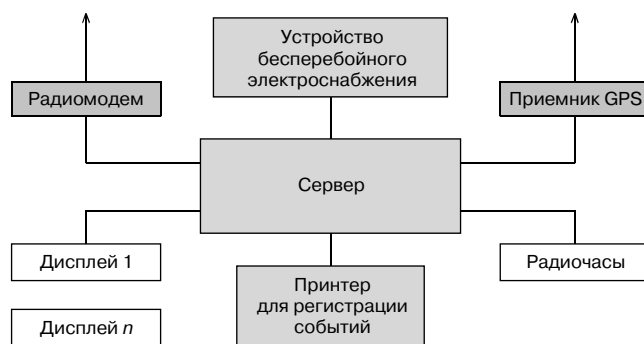


Рис. 6. Конфигурация оборудования на диспетчерском посту

лектуальный роуминг. В настоящее время применяется радиосвязь в диапазоне двухметровых волн. Для подключения к бортовому компьютеру используется последовательное соединение, к серверу на диспетчерском посту — локальная сеть Ethernet.

### Программные модули

Программное обеспечение системы выполнено в виде трех крупных модулей, которые разрабатывались на основе языка UML. При этом применялись диаграммы вариантов использования (use case diagram), состояний, деятельности и классов.

**Модуль «Бортовой компьютер»** является многозадачным приложением, написанным на языке Ada и работающим в операционной системе Pharlap-ETS компании Venturcom. Разработка основана на применении конечных автоматов, работающих максимально независимо друг от друга. Важнейшие внутривидеопрограммные переменные состояния бортового компьютера защищаются посредством дополнительных контрольных сумм. Многие внутренние процессы задействуют две или более части ПО, только совместное исполнение которых приводит к корректному результату. Благодаря этому частично компенсируется отсутствие резервирования на аппаратном уровне системы. Программными средствами вместе с аппаратным устройством контроля осуществляется проверка работы системы и ее перезагрузка в случае необходимости.

Бортовой компьютер обменивается информацией с диспетчерским центром, передавая данные по ра-

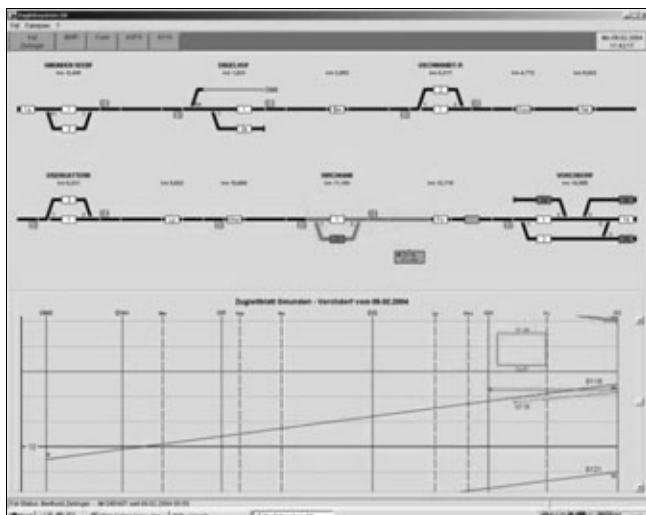


Рис. 7. Схема участка с индикацией занятости путей

диоканалу. Регулярно отправляемые сообщения о состоянии позволяют квазинепрерывно контролировать поезда и сам радиоканал. По радиоканалу передаются также корректирующие данные для системы dGPS на поездах. Защита данных осуществляется за счет контрольной суммы циклического кода и наложенной контрольной суммы XOR-шифрования. Кроме того, распознаются потерянные или перепутанные информационные сообщения. Если система радиосвязи не может передать сообщение получателю, отправитель получает соответствующее извещение и осуществляет повторную передачу или предпринимает другие необходимые действия.

Для определения местоположения поезда служат система dGPS и импульсные колесные датчики. Применение двух измерительных систем направлено на обеспечение взаимного контроля и резервирование в случае временного выхода из строя одной из систем. Полученные измерительными системами данные обрабатываются с учетом информации хранящегося в памяти атласа участка, чтобы на выходе получить данные о местоположении в привязке к конкретной точке участка.

Хранимая в бортовом компьютере база данных включает в себя атлас участка и параметры конфигурации. Эти данные могут быть актуализированы через интерфейс пользователя или систему радиосвязи. Бортовой компьютер также регистрирует определенные действия машиниста. От регистрации всех действий отказались из-за ограниченных ресурсов компьютера. Поскольку корректная работа системы зависит от точного атласа пути, в памяти хранятся три копии этого атласа, которые циклически сравниваются друг с другом для выявления сбоев в работе запоминающего устройства.

Модуль «Центральный компьютер (базовые приложения)» также является многозадачным и написан на

языке Ada. Он работает под управлением ОС Windows 2000. Здесь проверяются на правдоподобие все сообщения, поступающие от поездов, и осуществляется централизованное управление и контроль за разрешениями на движение поездов. В виде независимой задачи реализован контроль за недопустимым сближением поездов на перегоне между двумя станциями.

Поскольку система в целом (центральный и бортовые компьютеры) является распределенной и характеризуется слабыми связями, при разработке технологических операций и взаимодействия между диспетчерским постом и бортовыми компьютерами особое внимание уделялось повторной синхронизации возможных состояний системы, которые отличаются от нормальной эксплуатации.

Концепция обращения с системой и программное обеспечение реализованы таким образом, чтобы при ее выходе из строя диспетчер мог в кратчайший срок выполнить перезагрузку и перевести систему в контролируемое состояние. Для этого предусмотрена регистрация печатающим устройством ряда наиболее важных данных (о поездах, находящихся в зоне действия диспетчерского поста, временном закрытии путей, ограничениях скорости и др.).

В диспетчерском центре применяется та же база данных, что и в бортовых компьютерах. Дополнительно предусмотрено хранение в памяти компьютера данных о занятости путей. Центральный компьютер регистрирует весь обмен данными и все управляющие воздействия диспетчера. Это позволяет реконструировать хронологию событий при нарушениях или авариях. Кроме того, предусмотрена возможность сбора и протоколирования большинства генерируемых бортовыми компьютерами сообщений о сбоях и нарушениях.

Модуль «Центральный компьютер (интерфейс пользователя)» построен на базе графического интерфейса ОС Windows. Модуль написан на языке Java и обменивается информацией с базовыми приложениями по протоколу TCP/IP. Программное обеспечение графического интерфейса пользователя может быть установлено как в центральном компьютере вместе с базовыми приложениями, так и в другом компьютере диспетчерского поста. В настоящее время оба модуля работают в центральном компьютере. В зависимости от протяженности участка для отображения поездной ситуации необходимы от одного до четырех мониторов. Отображаемая информация непрерывно обновляется базовыми приложениями. Отсутствие связи между базовыми приложениями и графическим интерфейсом пользователя немедленно распознается, после чего осуществляется повторная инициализация соединения и генерируется соответствующее сообщение об ошибке.

Предусмотрены два вида экранных изображений.

Изображение первого вида — это схема путей с индикацией поездных передвижений. На рис. 7 изоб-

ражена схема путей с поездом № 8119, от которого получено сообщение об освобождении участка, что делает возможным выдачу разрешения на движение следующего поезда.

Изображение второго вида — это график движения в виде диаграммы время — путь (рис. 8), на котором черными линиями показаны нитки планового графика, а красными или зелеными — нитки графика исполненного движения.

Информация расписания движения хранится в реляционном банке данных. При этом данные планового графика из годового расписания импортируются в формате XML из внешней программы обработки расписаний движения. Информация графика исполненного движения генерируется из сообщений о местоположении поездов и также заносится в банк данных. Предусмотрена возможность статистического анализа перевозочного процесса.

### Безопасность

Систему нельзя рассматривать как классический комплекс обеспечения безопасности, поскольку она не разрабатывалась в расчете на определенный стандарт. Ее безопасность, достаточная для конкретного случая применения, основана, в частности, на следующих положениях:

- прежние инструкции по эксплуатации переработаны в минимальном размере, соответственно, технология работы осталась в значительной мере неизменной;
- безопасность новой системы должна быть по крайней мере не меньшей, чем при использовании технологии ручного диспетчерского управления;
- система оказывает поддержку машинисту и диспетчеру, но не подменяет их.

### Эксплуатационная совместимость

Поскольку изначально задача добиться эксплуатационной совместимости системы диспетчерского управления не ставилась, на всех линиях при необходимости могут быть выделены бортовые компьютеры для размещения на стороннем подвижном составе, чтобы обеспечить возможность его движения под контролем системы. Единственным условием является наличие на подвижном составе розетки для подключения к сети постоянного тока напряжением 24 В. При использовании таких мобильных устройств доступ к управлению тормозами поезда не предусматривается.

Мобильные устройства применяются также самим оператором линии, поскольку редко используемый подвижной состав (специализированные путевые машины, исторические поезда и др.) не оснащается постоянно установленными бортовыми компьютерами.

### Перспективы

Компьютеризированная система диспетчерского управления движением поездов на региональных линиях позволяет повысить безопасность и упростить организацию перевозочного процесса по сравнению с прежней технологией, основанной на использовании радиотелефонной связи. Большая часть ПО системы написана на языке Ada. Местоположение поездов определяется путем использования сигналов системы спутниковой навигации GPS и показаний импульсных колесных датчиков. По финансовым соображениям от аппаратного резервирования компонентов системы отказались, однако предусмотрен целый ряд программных мероприятий для повышения безопасности и своевременного распознавания ошибок.

В ходе эксплуатации подтвержден достаточно высокий уровень безопасности и надежности системы. Ее доводка, потребовавшаяся на этапе опытной эксплуатации, упростилась благодаря гибкости структуры ПО и языка программирования Ada. Систему можно легко адаптировать к условиям работы на других линиях со схожей технологией диспетчерского управления.

В рамках программы «Интеллектуальная инфраструктура» министерства транспорта Австрии планируется дальнейшее развитие системы в сферах управления качеством, информирования пассажиров и согласования подхода поездов к станциям пересадок. Предусмотрено также обеспечить интеграцию данных от других систем спутниковой навигации. Кроме того, часть функций системы намечено интегрировать в компоненты, совместимые с европейской системой управления движением поездов ETCS, чтобы поезда, курсирующие по магистральной сети, могли заходить и на региональные линии с диспетчерским управлением.

*B. Stanlmann, H. Zwirchmayr. Signal und Draht, 2004, № 6, S. 11 – 16.*

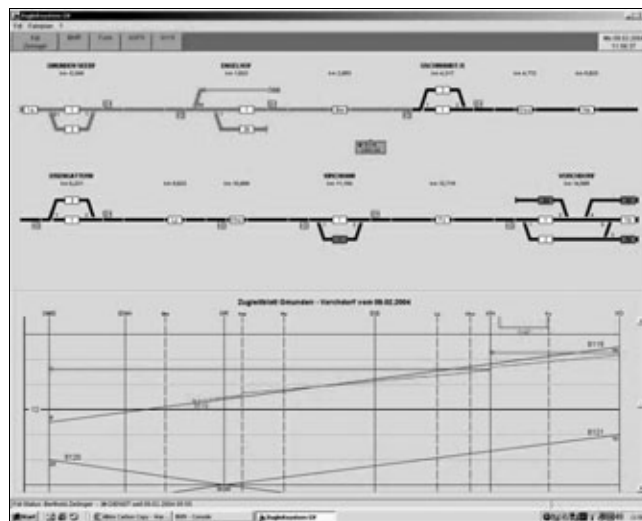


Рис. 8. Плановый график и график исполненного движения