

информации в зависимости от степени ее важности и срочности с целью уменьшить нагрузку на машиниста. Например, система может принять решение о том, когда нужна информация о линии или графике движения, и предоставить ее машинисту. Отбор отображаемой информации может осуществлять также машинист в соответствии со своими потребностями (например, величину зоны прогноза) или национальный железнодорожный оператор. Вид информации, отображаемой в зоне прогноза, зависит от данных, передаваемых от напольных устройств национальных железных дорог.

Если в настоящее время машинист получает сравнительно мало информации от системы управления поездом и уровень его поддержки невелик, то в ETCS наряду с увеличением объема данных возрастает также уровень поддержки машиниста со стороны системы.

### Перспективы

С внедрением системы ETCS будет происходить смещение от преимущественно внутренних к международным перевозкам, от остановок на границе к безостановочному их пересечению, от преимущественно аппаратных к программным системам, от

отображения информации напольными устройствами к ее индикации в кабине машиниста, от неинтегрированного к интегрированному представлению данных, от сравнительно узкого круга задач машиниста к комплексной его деятельности, от отсутствия системной поддержки машиниста к средствам оказания ему помощи при обработке информации.

Влияние этих изменений на работу машиниста исследовано еще не полностью. Важно было бы теперь еще раз проверить на имитационных моделях и в полевых условиях усовершенствованные после испытаний спецификации, чтобы удостовериться в пригодности интерфейса DMI, а главное, в безопасном его использовании. При этом необходимо собрать объективные данные о производительности и нагрузке на машиниста (скорости его реакции, частоте ошибок, смене направления взгляда) во взаимодействии с новой системой.

Если все железные дороги будут следовать спецификации интерфейса DMI, возрастет безопасность движения поездов, требования к подготовке машинистов для работы в международных сообщениях уменьшатся, упростится обмен информацией и в долгосрочной перспективе будут снижены затраты.

*U. Metzger, J. Vorderegger. Signal und Draht, 2004, № 12, S. 35 – 40.*

## Система обнаружения поездов с использованием микроволновой аппаратуры

*Для обнаружения поездов в системах железнодорожной сигнализации обычно применяются рельсовые цепи, в работе которых возможны нарушения вследствие загрязнения поверхности катания рельсов или по другим причинам. Кроме того, имеются проблемы с обслуживанием рельсовых цепей. В связи с этим в Научно-исследовательском институте железнодорожной техники Японии (RTRI) разработана бесконтактная система аналогичного назначения (с добавлением некоторых дополнительных функций) на базе микроволновой аппаратуры.*

Применение такой аппаратуры значительно упрощает работу по обнаружению и определению направления движения поездов и дает возможность создать

общесетевую систему слежения за продвижением вагонов и грузов, поскольку каждая единица подвижного состава, оснащенная идентификационными приспособлениями, может быть распознана индивидуально, тогда как рельсовые цепи определяют только наличие или отсутствие поезда. Кроме того, систему управления движением поездов можно построить с меньшими затратами, поскольку для установленного на подвижном составе оборудования не требуются дополнительные устройства.

### Основные положения

Система, получившая название COMBAT (Computer and Microwave Balise-Aided Train control system), включает в себя микроволновую аппаратуру

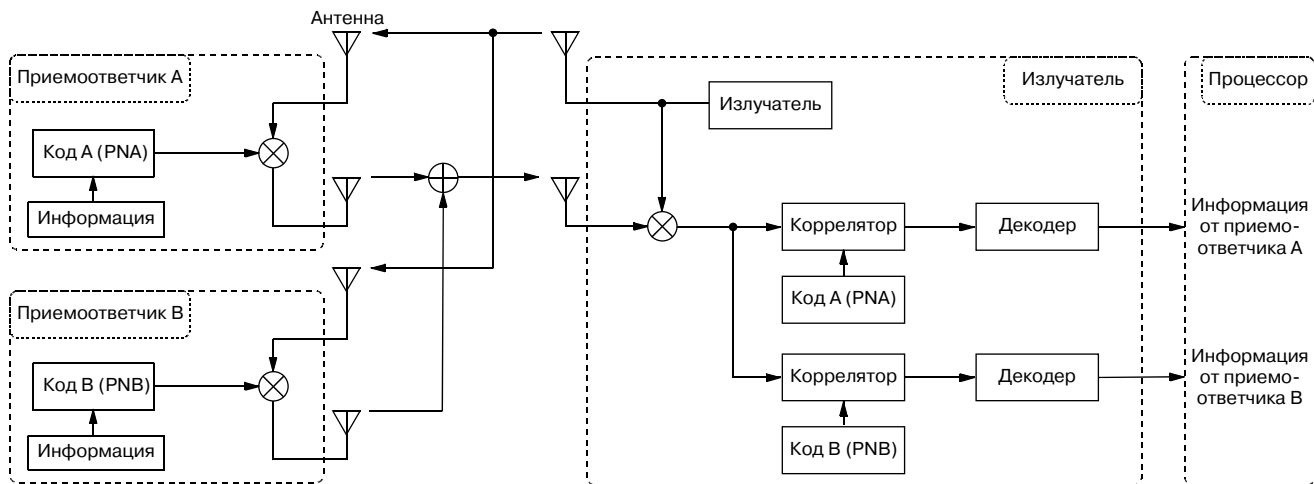


Рис. 1. Фрагмент блок-схемы системы COMBAT

(комплекты напольного оборудования в виде пар источник сигнала — приемник-ответчик, а также бортовые приемники-ответчики на подвижном составе) и процессоры обработки данных (рис. 1). Источники сигнала (излучатели) и приемники-ответчики (приемоответчики) устанавливаются попарно напротив друг друга по обе стороны путей вблизи входных и выходных сигналов станций, т. е. на каждой станции должно быть четыре комплекта указанной аппарату-

ры, а также связанный с ней процессорный блок (микроконтроллер). Кроме того, в голове и хвосте каждого поезда монтируются два приемоответчика.

Например, на станции Канно, расположенной на однопутной линии Какोगава и имеющей ромбовидную конфигурацию с двумя путями, расстояние между излучателем и приемоответчиком, установленными у четного выходного сигнала (комплект 1), равно 9,2 м, у нечетного (комплект 2) — 8,8 м; расстояние от излучателя 1 до бортовых приемоответчиков на боковых стенках вагонов поезда, движущегося по четному пути, равно 5,1 м, по нечетному — 1,7 м, от излучателя 2 — 5,0 и 1,1 м соответственно. Напольные приборы расположены на высоте 3,1 м над УГР. Место оборудования определялось, во-первых, габаритными ограничениями и, во-вторых, с учетом возможных перемещений персонала в зоне действия системы.

Используемая в системе COMBAT аппаратура соответствует действующему в Японии законодательству по радиоустройствам малой мощности. Рабочими частотами системы являются 2440, 2450 и 2455 ГГц. Мощность, подводимая к антенне, равна 10 мВт. Скорость синхронно-дуплексной передачи данных по 32-разрядной адресной шине составляет 51,18 кбайт/с.

### Микроволновая аппаратура

Параметры и характеристики используемой аппаратуры обеспечивают:

- устойчивую работу излучателей и приемоответчиков в микроволновом диапазоне;
- надежную защиту от помех благодаря применению системы связи с расширенным спектром;
- возможность одновременной связи одного излучателя с несколькими приемоответчиками благодаря применению PN-кодов;
- стабильную связь благодаря применению круговых поляризованных волн;

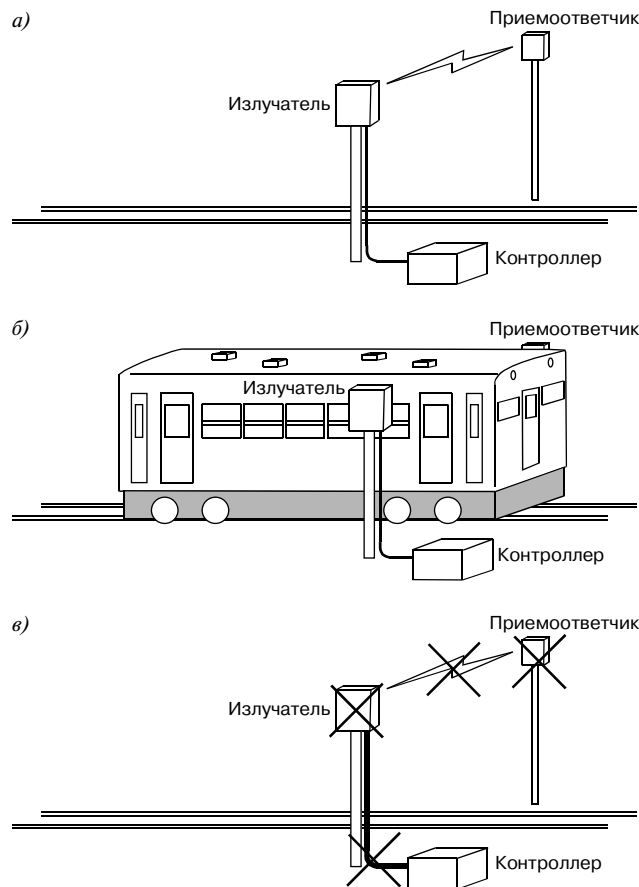


Рис. 2. Принцип обнаружения поездов по прерыванию контура связи

- устранение «мертвых» зон и расширение диапазона связи за счет улучшения функционирования принимающей стороны;
- необходимую степень резервирования, реализованную за счет применения резервного блока обработки данных;
- независимость работы системы от метеорологических условий, включая дождь и снегопад;
- безопасность движения поездов не ниже, чем при применении традиционных технических средств.

**Принцип работы системы**

Обнаружение поезда и определение направления его движения осуществляются системой СОМВАТ в местах установки комплекта напольной аппаратуры как на станциях, так и на перегонах.

*На станции*

**Обнаружение поездов (режим «свободно» или «занято»).** Определение состояния свободы или занятости путей осуществляется без контакта с подвижным составом. Когда между излучателем и приемоприемником поезда нет, существует замкнутый контур связи (рис. 2, а). Когда между излучателем и приемоприемником находится поезд, контур прерывается (рис. 2, б). Оба эти состояния фиксируются логическим устройством микроконтроллера, распознающим отсутствие или присутствие поезда (свободность или занятость путей). Контур также прерывается в случае неисправности (рис. 2, в), и в этой ситуации считается, что путь занят, благодаря чему дополнительно страхуется безопасность движения поездов.

**Определение направления движения поездов.** Направление движения поездов система определяет с помощью бортовых приемоприемников, которые, помимо прочего, несут идентификационную информацию. То или иное направление движения поезда определяется в соответствии с последовательностью срабатывания двух бортовых приемоприемников, и при этом необходима четкая и непрерывная фиксация этих срабатываний. Если это требование не соблюдено, возможно неправильное определение направления движения, особенно когда поезд меняет направление движения в зоне действия напольной аппаратуры. Так, в ситуации 1 (рис. 3, а) последовательность сигналов от приемоприемников одинакова при движении поезда как по маршруту  $a \rightarrow b \rightarrow c \rightarrow d \rightarrow e$ , так и по маршруту  $a \rightarrow b \rightarrow c \rightarrow d \rightarrow c$  (с изменением направления движения), и система не может правильно отобразить эту ситуацию.

В системе с усовершенствованной схемой (ситуация 2, рис. 3, б) указанное требование соблюдено, и благодаря этому обеспечивается правильное определение направления движения поезда независимо от маршрута ( $a \rightarrow b \rightarrow c \rightarrow d \rightarrow e$  или  $a \rightarrow b \rightarrow c \rightarrow d \rightarrow c$ ).

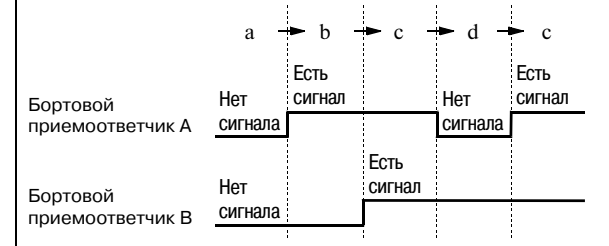
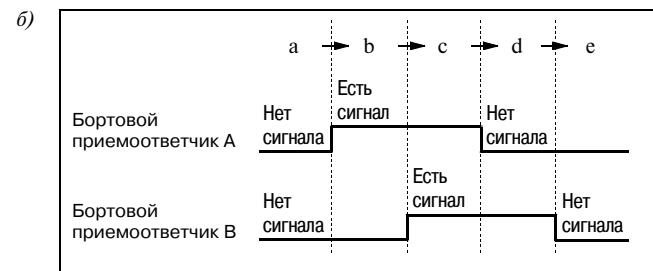
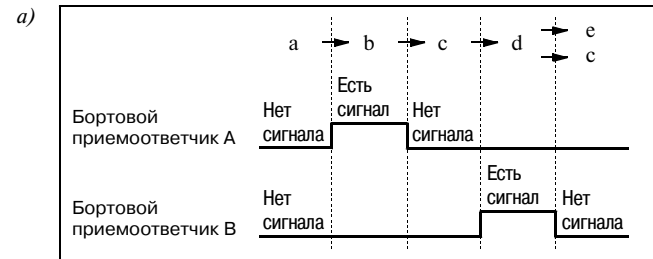
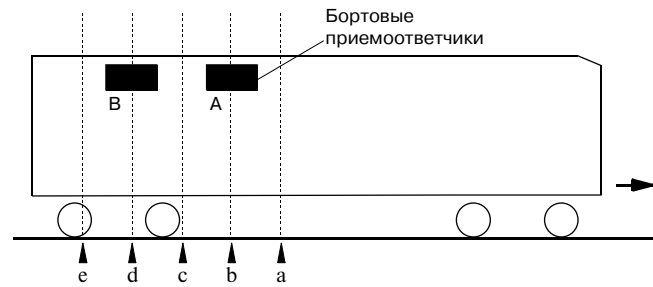


Рис. 3. Принцип определения направления движения поездов

*На перегоне*

Для обнаружения присутствия и определения направления движения поезда на перегоне системой СОМВАТ комплекты ее аппаратуры (излучатели и приемоприемники) размещаются на границах блок-участков. Вход поезда на блок-участок, выход поезда с него и направление движения определяются в каждом месте установки аппаратуры по прерыванию контура связи и взаимодействию с бортовыми приемоприемниками аналогично тому, как это имеет место на станциях.

**Обнаружение входа поездов на блок-участок.** Прерывание поездом замкнутого контура связи между излучателем и приемоприемником рассматривается как неподтвержденный вход поезда на блок-участок. Окончательное подтверждение входа осуществляется при взаимодействии бортовых приемоприемников,

установленных в голове поезда, с напольной аппаратурой системы идентификации подвижного состава. Такое резервирование повышает надежность работы системы и точность отслеживания поездной ситуации.

**Обнаружение выхода поездов с блок-участка.** В качестве неподтвержденного выхода поезда с блок-участка рассматривается восстановление контура связи между излучателем и приемопередатчиком. Окончательное подтверждение выхода осуществляется при взаимодействии бортовых приемопередатчиков, установленных в хвосте поезда, с напольной аппаратурой системы идентификации подвижного состава.

**Направление движения поездов** определяется исходя из последовательности получения сигналов от бортовых приемопередатчиков напольной аппаратурой, установленной по концам конкретного блок-участка.

Естественно, полное использование возможностей системы COMBAT в данном случае достижимо при условии установки бортовых приемопередатчиков на всех поездах, обращающихся на полигоне действия системы, и четкой работы логических устройств микроконтроллеров, обрабатывающих получаемую информацию, с гарантией правильного функционирования аппаратуры в соответствии с последовательностью блок-участков вдоль перегона в обоих направлениях.

### Испытания системы

Эксплуатационные испытания системы COMBAT были проведены на станции Канно линии Kakogawa.

Они проходили в три этапа. На первом этапе (с октября по декабрь 1999 г.) оценивали основные характеристики аппаратуры в варианте конфигурации один излучатель — один приемопередатчик. На следующем этапе (с января по август 2000 г.) проверяли функционирование аппаратуры в варианте конфигурации один излучатель — несколько приемопередатчиков, а также работу логических устройств, обеспечивающих обнаружение поездов и определение направления их движения. На третьем этапе (с ноября 2000 г. по март 2001 г.) испытания включали проверку совместимости всех напольных станционных, перегонных устройств системы и бортовой аппаратуры, в том числе с точки зрения обмена информацией с центром управления движением поездов. Следует отметить, что в целях сопоставления и проверки результатов испытания проводились при сохранении функционирования действующей на линии традиционной системы сигнализации с рельсовыми цепями.

В течение одного из циклов испытаний, продолжавшегося 161 день, мимо первого комплекта напольного оборудования проследовали в четном направлении 1357 поездов, оснащенных бортовыми

приемопередатчиками, и 4089 поездов, не оснащенных ими; в нечетном направлении — 1364 и 4092 поезда соответственно. Мимо второго комплекта оборудования проследовал в четном направлении 1541 поезд, оснащенный бортовыми приемопередатчиками, и 4835 поездов, не оснащенных ими; в нечетном направлении — 1513 и 4872 поезда соответственно.

### Результаты испытаний аппаратуры

**Взаимодействие источников сигнала и приемников-ответчиков.** Коэффициент ошибок в работе первого комплекта аппаратуры излучатель — приемопередатчик составил  $2,01 \cdot 10^{-5}$ , второго комплекта —  $1,27 \cdot 10^{-6}$ .

**Характеристики прерывания.** Время прерывания контура связи между излучателем и приемопередатчиком первого комплекта аппаратуры в четном направлении варьировалось от 2,25 до 8,84 с, в нечетном — от 2,30 до 12,20 с; между излучателем и приемопередатчиком второго комплекта — от 1,38 до 4,21 с и от 1,75 до 5,17 с соответственно. Для второго комплекта максимальная доля случаев пришлась на время прерывания контура, находящееся в диапазоне 2,20 — 2,30 с.

**Обмен информацией между напольной и бортовой аппаратурой.** Объем передаваемой/принимаемой информации во взаимодействии напольной и бортовой аппаратуры при проходе соответствующим образом оснащенных поездов для излучателя первого комплекта варьировался в четном направлении от 84 до 191 фрейма (1 фрейм равен 27 бит), в нечетном — от 35 до 79 фреймов; для излучателя второго комплекта — от 36 до 99 и от 26 до 44 фреймов. Для излучателя второго комплекта максимальная доля случаев пришлась на объем обмениваемой информации при проходе каждого поезда нечетного направления порядка 34 фреймов.

### Результаты испытаний логических устройств

**Обнаружение поездов (по прерыванию контура связи).** Число обнаруженных поездов, зафиксированных как системой COMBAT, так и традиционной системой с рельсовыми цепями, оказалось одинаковым и составило для первого и второго комплектов аппаратуры 5446 в четном и 5456 в нечетном направлении. Ни одного случая ложного срабатывания зафиксировано не было.

**Определение направления движения поездов.** Число оснащенных бортовыми приемопередатчиками поездов, для которых было определено направление движения, составило для первого и второго комплектов аппаратуры 1357 в четном и 1364 в нечетном направлении. Эти данные полностью совпали с данными, полученными в целях проверки с применением других технических средств. Ни одного случая неправильного определения направления движения поездов зафиксировано не было.

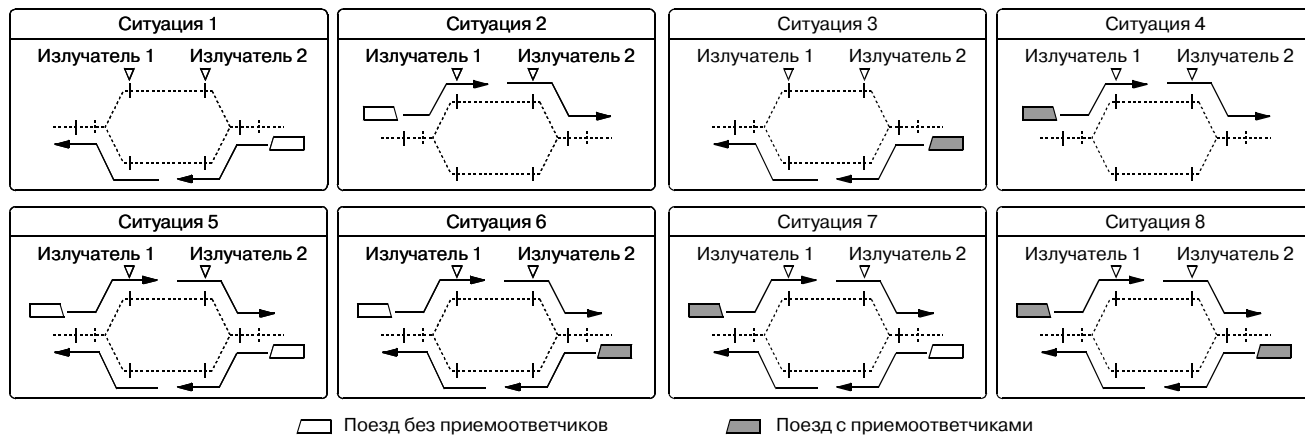


Рис. 4. Варианты поездной ситуации при проследовании поездов по станции

**Идентификация проходящих поездов.** Эти испытания проводились в условиях различных вариантов поездной ситуации при проходе поездов как оснащенных, так и не оснащенных бортовыми приемоответчиками (рис. 4). Число проследовавших поездов, зафиксированных как системой СОМВАТ, так и традиционной системой с рельсовыми цепями, оказалось одинаковым и составило для ситуации 1 — 2784 поезда, для ситуации 2 — 2575, для ситуации 3 — 747, для ситуации 4 — 966, для ситуации 5 — 991, для ситуации 6 — 526, для ситуации 7 — 314, для ситуации 8 — 84 поезда. Ни одного случая неправильной идентификации зафиксировано не было.

Результаты эксплуатационных испытаний подтвердили, что характеристики основанной на применении микроволновой аппаратуры системы СОМВАТ и интегрированных в нее логических устройств оказались вполне удовлетворительными, а возможности новой системы с точки зрения идентификации поездов превосходят возможности традиционной системы сигнализации. В ближайшее время намечено начать разработку общей оптимизированной системы управления движением поездов для малодеятельных линий, в основу которой будет положена система СОМВАТ.

*N. Nishibori et al. Quarterly Report of RTRI, 2002, № 4, p. 155 – 162.*

## Бригады смешанной специализации для текущего обслуживания объектов инфраструктуры

*Компания BAM NBM Rail (Нидерланды), специализирующаяся в области текущего обслуживания инфраструктуры, провела серьезную реорганизацию своей деятельности с целью повышения эффективности труда. Результат оказался убедительным. В частности, были значительно снижены расходы на текущее обслуживание сети в результате формирования бригад из специалистов различных технических направлений.*

Новая организация труда на базе бригад смешанной специализации позволила при выполнении работ всех видов достигнуть высокой прозрачности и гибкости, повысить качество и производительность работ по текущему обслуживанию.

В условиях усиливающегося давления стоимостных факторов железнодорожные компании оказались перед сложной дилеммой: с одной стороны, требуется обеспечивать непрерывную эксплуатационную готовность сети, с другой — сокращать расходы на текущее обслуживание, в частности снижать чрезмерно высокие затраты на обслуживающий персонал. Возможность решения этой проблемы доказана консультационной компанией ProLean (Дюссельдорф) в сотрудничестве с нидерландской компанией BAM NBM Rail. В результате перехода от узкоспециализированных бригад к комплексным удалось, например, более чем на 50 % снизить расходы на проверку и ремонт стрелочных переводов.

Компания BAM NBM Rail, являющаяся дочерней нидерландской Koninklijke BAM Groep, обеспечива-