



Автоматизированная дефектоскопия рельсов: 5 лет спустя

Роман Беляев, Виталий Грибов, Алексей Ерошин, Алексей Кириллов, Александр Рейман, Александр Шишков

Данное обращение к теме автоматизированной дефектоскопии рельсов посвящено рассмотрению некоторых принципиальных моментов, связанных с новыми требованиями к организации контроля и диагностики состояния рельсов. Описаны соответствующие решения, реализованные в дефектоскопе АДС-02, и представлены основные направления дальнейшего совершенствования этого устройства, ориентированные на повышение надёжности искательной системы, увеличение производительности вторичного контроля, организацию беспроводной передачи данных и паспортизацию железнодорожных путей.

ВВЕДЕНИЕ

Несмотря на тотальное внедрение вычислительной техники и систем автоматизации во все отрасли жизни, в некоторых критических приложениях роль человека-оператора остаётся доминирующей. К таким приложениям относится обеспечение безопасности перевозок на железнодорожном транспорте, в частности, неразрушающий ультразвуковой контроль рельсов, уложенных в путь. Именно в этой области наиболее надёжным средством остаётся съёмный рельсовый дефектоскоп, управляемый операторами, и пока не предвидится ничто иное ему на замену. Авторы не первый раз обраща-

ются к данной теме [1-3], поэтому стоит остановиться лишь на некоторых принципиальных моментах.

В настоящее время происходит техническое переоснащение служб диагностики Российских железных дорог. На дороги поступают рельсовые дефектоскопы нового поколения, позволяющие не только обнаруживать дефекты рельсов, но и записывать поступающую информацию и действия оператора, то есть играть роль «чёрного ящика». После появления дефектоскопа АДС-02 (НТФ «Медуза») со встроенным регистратором преимущества такого контроля стали очевидными, и два других съёмных дефектоскопа — Авион-01

и РДМ-2 (НПП «РДМ») — стали дооснащать внешними регистраторами. Все эти приборы функционально близки, и самое главное их отличие от дефектоскопов предыдущего поколения состоит в том, что записанную информацию можно затем повторно просматривать и обнаруживать то, что пропустил оператор. В результате число выявляемых остродефектных рельсов (ОДР) на железных дорогах резко возросло. В силу ряда технических причин выявляемость ОДР съёмными дефектоскопами оказывается выше, чем мобильными. Для примера в табл. 1 приведены результаты эксплуатации различных средств дефектоскопии в системе ОАО «Российские железные дороги» и на Горьковской железной дороге (ГЖД) за 7 месяцев 2005 года (по материалам совещания руководителей центров диагностики ОАО «Российские железные дороги» в Нижнем Новгороде в августе 2005 года).

НОВЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К ДИАГНОСТИКЕ

После того как число рельсовых дефектоскопов с регистраторами перевалило за половину всех имеющихся, стали обнаруживаться узкие места, в основном связанные с организацией контроля.

Первая проблема была вызвана недобросовестностью части операторов. Если раньше оператор мог просто доложить, что ничего не обнаружил, надеясь, что аварии из-за изломов рельсов происходят не очень часто, то теперь стало возможным фиксировать его действия, а при анализе аварий, связанных с изломами рельсов, потребовать просмотра записей из архива.



Съёмный рельсовый дефектоскоп АДС-02 в процессе испытаний (контроль сечения рельса ручным искателем)

(ЗАО «Радиоавионика») и РДМ-2 (НПП «РДМ») — стали дооснащать внешними регистраторами. Все эти приборы функционально близки, и самое главное их отличие от дефектоскопов предыдущего поколения состоит в том, что записанную информацию можно затем повторно просматривать и обнаруживать то, что пропусти-

Таблица 1

Результаты эксплуатации различных средств дефектоскопии в системе ОАО «Российские железные дороги» и на Горьковской железной дороге за 7 месяцев 2005 года

Средство дефектоскопии	На всех федеральных дорогах ОАО «Российские железные дороги»		На Горьковской железной дороге	
	Общее число дефектоскопов	Выявлено ОДР на 1000 км пути	Общее число дефектоскопов	Выявлено ОДР на 1000 км пути
Поиск-2	40	2,9	—	—
Поиск-10Э	1200	4,8	102	4,9
Вагон-дефектоскоп	40	3,4	4	3,4
Автоматриса	73	2,6	9	2,6
РДМ-2	1950	11,6	127	12,6
Авикон-01	700	11,5	39	12,3
АДС-02	70	14,1	20	14,5

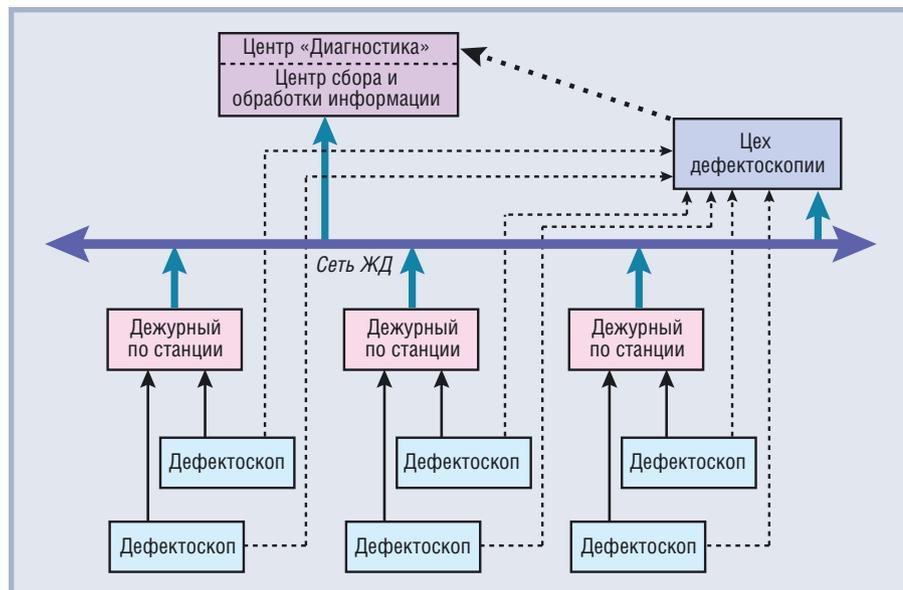


Рис. 1. Схема организации контроля рельсов с использованием сетевых технологий на ГЖД (пунктирными линиями показаны ранее применявшиеся связи)

Чтобы обеспечить такие возможности, операторы, пройдя участок контроля, должны были вернуться в цех дефектоскопии (зачастую очень далеко) для сохранения информации в базе данных. При этом выяснилось, что приборы с внешним регистратором для данной цели подходят лучше, так как в цех нужно везти лишь маленький регистратор, а не целый электронный блок. В то же время надёжность подключения регистратора к дефектоскопу невысока, а отсутствие регистратора никак не сказывается на работе всего прибора, поэтому стали возникать ситуации, когда записи на внешних регистраторах просто терялись. В этом отношении АДС-02 существенно надёжнее, так как запись информации является неотъемлемой составной частью нормальной работы прибора.

Следующая проблема была связана с организацией работы с записанной информацией в цехах дефектоскопии. Вначале работу с этой информацией (вторичный просмотр) попытались воз-

ложить на самих операторов. Затем, поскольку операторам иногда не хватало квалификации для расшифровки и уж в любом случае не хватало времени на дополнительные час-полтора работы, в цехах дефектоскопии была введена должность шифровщика. Потом выяснилось, что с увеличением числа приборов сплошного контроля один человек на дистанции не справляется с такой работой. Тогда появилась идея организации центров сбора и расшифровки информации при диагностических лабораториях дорог. Впервые эта идея была апробирована на ГЖД, где уже несколько лет крупные станции объединены в сеть высокоэффективными волоконно-оптическими линиями связи.

Идея заключалась в том, что оператор, пройдя участок контроля, передаёт записанную информацию не в цех на своей дистанции, а в информационный центр, где организован круглосуточно работающий FTP-сервер. Такой единый центр позволяет использовать гораздо большие компьютерные мощ-

ности для хранения, сортировки и обработки информации. В центре организован просмотр информации высококвалифицированным персоналом, причём работа ведётся в несколько смен. Таким образом, достигается требуемая оперативность контроля. Доступ к серверу осуществляется с компьютера дежурного по станции, что не мешает нормальному функционированию станционного хозяйства, так как занимает всего несколько минут в день. Условная схема организации контроля представлена на рис. 1. Внедрение такой схемы принесло свои плоды: 9% ОДР на Горьковской железной дороге обнаружены при вторичной расшифровке в центре.

Эта идея при реализации натолкнулась ещё на одну проблему, на этот раз техническую. Вначале у всех регистраторов каналы связи с компьютером базировались на обмене через LPT-порт. Однако в станционных компьютерах, как правило, к параллельному порту подсоединён принтер, поэтому для подключения регистратора требуется выключить компьютер, отсоединить информационный кабель от принтера и подсоединить его к регистратору, а после передачи данных проделать те же операции в обратном порядке. Для АДС-02 к этим сложностям добавлялось то, что к компьютеру требовалось подключать не маленький регистратор, а достаточно габаритный блок. АДС-02 предоставляет также возможность связи по каналу Ethernet (протокол UDP), при этом не требуется постоянное переключение, если в компьютере есть вторая сетевая карта, но проблема большого блока осталась.

USB и флэш-диски

Производители дефектоскопов с внешними регистраторами стали разрабатывать конвертеры, с помощью которых можно подключить LPT-устройство к компьютеру. В качестве наиболее приемлемого варианта было выбрано подключение через USB. Такие конвертеры были сделаны и начали работать. Нам как разработчикам АДС-02 также пришлось обратиться к этой проблеме.

Как уже упоминалось в предыдущих публикациях, в настоящее время в качестве встроенного компьютера в АДС-02 используется CoolRoadRunner-II (CRR-II, фирма Lippert). Компьютер хорошо зарекомендовал себя при работе в жёстких условиях (диапазон

внешних температур АДС-02 от -40 до $+50^{\circ}\text{C}$, удары и вибрации), что, кстати, также распространяется и на используемый плоскочелюстный ЭЛ-дисплей EL320.240.36NB фирмы Planag (рис. 2). Помимо этого, CRR-II имеет широкий набор периферии, в том числе 2 USB-порта. Единственной проблемой для нас было отсутствие драйверов, которые бы работали под MS-DOS 6.22 с USB-устройствами, но нам удалось найти такие драйверы. Поэтому было предложено вывести соединитель USB на панель дефектоскопа и подключать к нему съёмный флэш-диск (СФД) с интерфейсом USB в качестве промежуточного носителя информации. При этом нет необходимости каждый раз отсоединять электронный блок дефектоскопа и переносить его в помещение для перекачки информации — для этого достаточно присоединить СФД к дефектоскопу и дать команду копирования. Затем дефектоскоп можно оставить в покое и идти в комнату дежурного по станции передавать информацию на сервер. Скорость передачи информации довольно высока, так что перекачка результатов контроля за один день (6-10 Мбайт) на СФД происходит за 2-3 секунды, а скорость передачи данных на сервер определяется линией связи и тоже достаточно высока. Отметим, что при этом на компьютере дежурного не требуется устанавливать какое-либо специализированное программное обеспечение (в отличие от случая использования конвертеров к внешним регистраторам), так как Windows XP распознает СФД и пересылку данных можно вести средствами операционной системы.

Поскольку никто не гарантировал, что найденные нами драйверы будут работать под DOS со всеми типами СФД, было проведено тестирование разных комплектов драйверов (DUSE, Motto Hairu, USBASPI и т.д.) с СФД. Большинство проверенных нами СФД ведут себя универсально и видны при работе под DOS как логические диски. Мы для себя выбрали СФД типа RB1 производства A-Data ёмкостью 256 Мбайт. Этот диск выполнен в ударопрочном водостойком корпусе из силиконовой резины, а испытания в камере холода подтвердили, что не только его электроника устойчиво работает при низких температурах, но и корпус не становится хрупким на морозе, поэтому даже при падении «свежемороженого» СФД с высоты порядка метра на бетонный пол он



Рис. 2. Тепловой удар: с холода — в тёплое помещение

остаётся работоспособным. С начала этого года все выпускаемые дефектоскопы АДС-02 оснащаются СФД.

Ещё одним преимуществом описанной схемы работы является фактическое дублирование информации. У дефектоскопов с внешним регистратором нет системы дублирования, что может привести к потере информации при выходе регистратора из строя, каком-то сбое и т.д. Использование СФД на дефектоскопе АДС-02 снижает вероятность такой потери, так как информация сначала, при контрольном проходе, пишется на встроенный диск формата CompactFlash, имеющий достаточный объём для хранения записанной в течение месяца информации, а уже затем, по окончании смены, копируется на СФД, ёмкость которого позволяет хранить большой объём данных без стирания.

Необслуживаемые аккумуляторы и SMD-элементы

Модернизация коснулась и самой консервативной части дефектоскопа — системы электропитания. В то время, когда дефектоскоп АДС-02 разрабатывался и испытывался, было принято решение ориентироваться на щелочные аккумуляторы НК-13, поскольку они широко использовались в системе железных дорог России. Из-за проблем с их невысокой ёмкостью пришлось использовать аккумуляторную батарею с номинальным напряжением 24 В, чтобы ток потребления прибора не превышал 0,5 А. Всё это создало ряд проблем при эксплуатации. Во-первых, число банок в батарее — 20, что означает существенный вклад в общий вес дефектоскопа — 15 кг. Во-вторых, никель-кадмиевые щелочные аккумуляторы быстро теряют ёмкость заряда при понижении температуры. В-третьих, зарядные устройства, находящиеся

в большинстве цехов дефектоскопии, не предназначены для зарядки таких батарей, банки быстро изнашиваются, кипящий электролит проедает стенки аккумуляторного ящика.

Сейчас с развитием новых электрохимических технологий появились и стали конкурентоспособными по цене необслуживаемые кислотные аккумуляторы. Они гораздо устойчивей к неблагоприятным факторам эксплуатации и, кроме того, рассчитаны на стартовый скачок тока, который происходит при включении прибора. Мы выбрали аккумуляторы LEADER СТ17-12 (12 В, 17 А·ч), которые показали хорошие характеристики при климатических испытаниях. Оказалось возможным вернуться к исходному номиналу питающего напряжения — 12 В. Но на всякий случай нами была разработана схема узла электропитания на базе DC/DC-преобразователей с расширенным входным диапазоном от 9 до 36 В (Peak Electronics, Aimtec). Такая схема позволяет подключать дефектоскоп либо к одному 12-вольтовому аккумулятору, либо к двум (проигрывая в весе, но выигрывая во времени эксплуатации без подзарядки). Кроме того, размеры указанных преобразователей существенно меньше, чем у ранее применявшихся нами конвертеров Aztec и «Ирбис», что позволило значительно сократить размеры этого узла.

Если говорить о применении современной элементной базы, то, конечно, наибольшие схемные изменения произошли в аналоговом тракте. Они связаны с переходом на поверхностный монтаж и с применением достаточно новых элементов (транзисторов, микросхем) в SMD-версии. Вместе с упомянутыми изменениями в блоке питания это позволяет нам сократить габариты прибора, а значит, и его вес, что, в свою очередь, приводит к возможности изменения конструкции каркаса дефектоскопной тележки и также к уменьшению её веса. Общий выигрыш в весе дефектоскопа должен составить не менее 10 кг, что немаловажно, учитывая тяжёлые условия труда операторов (вес дефектоскопа в снаряжённом состоянии, с контактной жидкостью и аккумулятором превышает 70 кг).

Конкурс PC/104 Design Contest

Об этом конкурсе разработчиков встраиваемых систем в формате PC/104, который проводился уже тре-



Рис. 3. Приз конкурса

тый раз консорциумом PC/104 Embedded Consortium, объединяющим производителей таких систем, мы узнали случайно, зайдя на сайт фирмы Lippert, входящей в данный консорциум. Заполнили анкету, представили запрошенные материалы и фотографии. А затем нас пригласили в Сан-Франциско, где во время выставки-конференции ESC — Embedded Systems Conference на заседании консорциума должны были быть объявлены итоги конкурса. Так мы узнали, что представленная нами работа (а это, конечно же, был дефектоскоп АДС-02) победила в номинации «Коммерческий продукт для промышленных/медицинских/транспортных и иных применений» (рис. 3).

Очень сложно описать ощущения от выставки, которая не зря называется ESC Trade Show. Это именно шоу, огромное, как всё в Калифорнии, с уходящими куда-то вдаль рядами стендов больших и малых компаний, с профессиональными шоуменами, убедительно доказывающими случайно зашедшим старушкам и школьникам преимущества Intel, Atmel, Microsoft, Lynx и т.п., с почти непрерывными презентациями и розыгрышами призов и в то же время с очень серьёзной и напряжённой работой, совещаниями, конференциями (рис. 4). Во время заседания консорциума PC/104 Embedded Consortium и состоялась церемония награждения. Подробные описания работ-призёров можно найти на сайте www.pc104.org.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Сегодня съёмные рельсовые дефектоскопы АДС-02 выпускаются на производственных площадях ФГУП «Нижегородский завод им. М.В. Фрунзе» в объёме 20-25 приборов в месяц и по-

ступают в службы дефектоскопии ОАО «Российские железные дороги». Опыт эксплуатации серийных изделий показал правильность выбранных нами технических и технологических решений. Возможность быстрой доработки изделия в ответ на возрастающие потребности эксплуатирующих организаций (например, внедрение передачи данных через СФД) показывает также правильность выбора идеологии построения приборов на базе встроенных компьютерных платформ. Известный нам недостаток — высокая цена изделия, к снижению которой мы прилагаем усилия совместно с нашим производственным партнером — Нижегородским заводом им. М.В. Фрунзе.

Очевидно, что останавливаться на достигнутом мы не собираемся, несмотря на успехи. Отметим лишь некоторые направления дальнейшего развития.

Во-первых, опыт эксплуатации съёмных рельсовых дефектоскопов всех видов показал, что качество записываемой информации зависит прежде всего от качества искательной системы, то есть ультразвуковых пьезопреобразователей и системы обеспечения акустического контакта с рельсом. За последние 40-50 лет конструкция датчиков не претерпела значительных изменений. Однако сейчас появились новые материалы, что открывает возможность изменить конструкцию искателей, повысить надёжность контакта и улучшить качество записи.

Во-вторых, повышение качества записываемой эхографической информации, получаемой с помощью нового поколения съёмных рельсовых дефектоскопов, наводит на мысль об автоматизации труда по расшифровке дефектограмм. Такие работы ведутся, например, в Институте прикладной физики (ИПФ РАН) группой исследователей, имеющих многолетний опыт реализации систем распознавания изображений, однако пока рано говорить об устойчивых результатах. Между тем, внедрение таких систем может резко увеличить производительность вторичного контроля.

Ещё одно направление работы связано с тем, что далеко не все железные

дороги оснащены развитой сетевой инфраструктурой. Поэтому представляется перспективной проводимая сейчас работа по оснащению дефектоскопов GSM-коммуникаторами для беспроводной передачи данных в центры обработки непосредственно с участков контроля на тех отрезках дорог, где это позволяет охват операторами сетей сотовой связи. Стремительное развитие сотовой связи в России делает такой проект вполне осуществимым даже в малонаселенных районах страны.

Авторы выражают благодарность главному инженеру службы пути ГЖД Альхимовичу А.А. и начальнику Центра «Диагностика» ГЖД Зайцеву Н.И. за предоставленную информацию и поддержку нашей работы.

Особую признательность авторы выражают жюри конкурса PC/104 Design Contest за высокую оценку наших разработок. ●

ЛИТЕРАТУРА

1. Бабиков Д.Б., Грибов В.А., Кириллов А.Г. и др. Автоматизированная дефектоскопия рельсов // Современные технологии автоматизации. 2000. № 1. С. 54-57.
2. Воронов Н.А., Зябиров Х.Ш., Кириллов А.Г. и др. Ультразвуковой рельсовый дефектоскоп АДС-02 // В мире неразрушающего контроля. 2003. № 4 (22). С. 72-76.
3. Грибов В.А., Ерошин А.В., Кириллов А.Г. и др. Новые средства автоматизации в неразрушающем контроле рельсов // Современные технологии автоматизации. 2004. № 1. С. 24-30.

**Авторы — сотрудники Института прикладной физики РАН и НТФ «Медуза», г. Нижний Новгород
Телефон/факс: (8312) 16-4976**



Рис. 4. На выставке-конференции ESC — Embedded Systems Conference: Питер Липперт (фирма Lippert), Александр Рейман (НТФ «Медуза»), Питер Канегиссер (фирма Lippert)