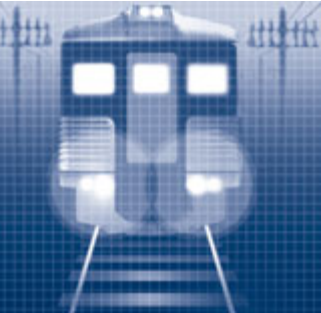




Новые средства автоматизации в неразрушающем контроле рельсов

Виталий Грибов, Алексей Ерошин, Алексей Кириллов, Николай Крикуненко, Александр Рейман, Александр Шишков

В статье описаны подходы к усовершенствованию автоматизированных систем ультразвуковой дефектоскопии рельсов на основе сочетания преимуществ программных и аппаратных средств, а также внедрения сетевых технологий для организации сплошного контроля путей. Приводятся результаты опытной эксплуатации съёмных рельсовых дефектоскопов нового поколения АДС-02.

ВВЕДЕНИЕ

Ультразвук был и остается наиболее надёжным средством неразрушающего контроля на железнодорожном транспорте. Прочие методы (магнитные, эмиссионные и т.п.) остаются либо вспомогательными, либо имеют сугубо научное, а не прикладное значение.

Вагоны и автомотрисы, оснащённые средствами контроля, при кажущейся высокой производительности выдают заключение о подозрительном участке рельса с большой задержкой, и эта информация нуждается во вторичной проверке. Контроль рельсов ультразвуковыми съёмными дефектоскопами обеспечивает оперативное выявление большей части дефектов. Однако основная часть парка съёмных рельсовых дефектоскопов работает более десяти лет и уже морально устарела, а современные условия эксплуатации подвижного состава требуют перехода на качественно новый уровень контроля, учитывающий последние достижения в области информационных технологий.

Основные задачи при разработке новой дефектоскопической техники — обеспечение высокого уровня выявления дефектов, регистрация поступающей диагностической информации и действий оператора в пути, возможности оперативного просмотра информации и её архивирования. Почти три года назад авторы представили один из возможных вариантов соответствующего

данном задачам программно-аппаратного решения — дефектоскоп нового поколения АДС-02 [1]. За это время прибор прошел разнообразные испытания, была выпущена опытная партия, и к настоящему времени накоплен немалый опыт его эксплуатации на трёх железных дорогах России.

Мы не одиноки в своем стремлении дать дефектоскопистам современный надёжный инструмент контроля. В СНГ ультразвуковые съёмные рельсовые дефектоскопы нового поколения

разрабатываются и производятся в основном тремя организациями: НПП «РДМ» (Кишинев) — РДМ-2, НПО «Радиоавионика» (Санкт-Петербург) — Авикон-01 и НТФ «Медуза» (Нижний Новгород) — АДС-02 [2]. Все три прибора прошли технические и эксплуатационные испытания, имеют сертификаты Госстандарта РФ и МПС РФ и внесены в Реестр средств измерений, разрешённых к эксплуатации в сети федеральных железных дорог. С точки зрения функциональной и эксплуата-



Рис. 1. Ультразвуковой съёмный рельсовый дефектоскоп АДС-02 в рабочем состоянии

ционной все три прибора довольно близки, несмотря на многочисленные различия в конструктивной части и схемах ультразвукового контроля рельсов. Основные различия заключаются в сервисных функциях и возможностях отображения информации. Поскольку целью этой статьи не является сравнение возможностей трёх приборов, мы в дальнейшем будем указывать только на те особенности нашей разработки — автоматизированного дефектоскопа АДС-02 (рис. 1, 2), которые, с точки зрения авторов, принципиальны.

СИСТЕМА РЕГИСТРАЦИИ

Как уже указывалось в [1], нами впервые на съёмном дефектоскопе была применена сплошная запись диагностической информации во встроенный регистратор. Поскольку два других прибора (РДМ-2 и Авикон-01) к моменту нашего появления на рынке уже были разработаны и производились, регистраторы в их составе появились в результате более поздней доработки и в виде отдельных съёмных блоков [2]. Эти регистраторы не встроены в дефектоскопы, а подключаются к ним извне кабелями, что создает некоторую «свободу» для недобросовестного оператора. К сожалению, бывает так, что негативную реакцию оператора вызывает не отсутствие, а наличие регистрирующего устройства, с помощью которого осуществляется сквозной контроль действий оператора в пути, графика его движения и остановок, изменений параметров каналов дефектоскопа и т.п. (когда первый вариант нашего прибора пошёл на полевые испытания, его сразу же окрестили «стукачом»). Недобросовестный оператор может воспользоваться предоставленной «свободой» и, например, неплотно соединить разъём связи регистратора с прибором, и ему за это ничего не будет, если сам прибор работал нормально. Кстати, то же самое может произойти и непреднамеренно. В нашем варианте прибора это принципиально невозможно. Если нет записи, значит, не работал весь прибор, следовательно, оператор не ходил по участку. К сожалению (или к счастью), в системе обеспечения безопасности движения презумпция невиновности не работает.



Рис. 2. Дефектоскоп АДС-02 на тестовых испытаниях

Конечно, объединённая система со встроенным регистратором тоже не свободна от недостатков. Например, для передачи собранной информации в цех приходится отсоединять от тележки и везти с собой весь электронный блок, тогда как в приборах с внешним регистратором — только маленькую коробочку. О возможных путях устранения этого недостатка будет сказано далее.

Второе принципиальное отличие внешних регистраторов состоит в том, что они выполнены по принципу «чёрного ящика», то есть не допускают возможности просмотра записанной информации во время движения. В отличие от них система регистрации дефектоскопа АДС-02 такую возможность предоставляет. Более того, просмотр записи иногда бывает просто необходим, позволяя обнаружить «замаскированные» дефекты (например, подголовочное расслоение рельса в зоне стыка). Технически это можно сделать двумя способами: остановить запись, сесть с прибором на пригорок и «пролистать» всю записанную информацию (большого смысла не имеет, листать лучше в цехе с помощью специальной программы) или просмотреть послед-

ний двухметровый фрагмент (режим быстрого просмотра). Применение этого режима уже дало ощутимые результаты при эксплуатации опытной партии приборов АДС-02 на Горьковской железной дороге, особенно при обнаружении наиболее опасных типов дефектных рельсов. В табл. 1 представлены результаты эксплуатации партии приборов на Горьковской железной дороге за 2002 год. В таблице указаны типы опасных дефектов, маркированные цифрами: коррозия подошвы рельса, приводящая к

тому, что рельс просто разъезжается в стороны, начиная с подошвы (тип 69), поперечные трещины в головке рельса и изломы, вызванные недостаточной прочностью металла (тип 21), продольное горизонтальное расслоение головки рельса (тип 30Г). Это, конечно же, далеко не полный набор трещин и дефектов, по которым имеется столь убедительная статистика.

СМЕНА АППАРАТНОЙ ПЛАТФОРМЫ

Дефектоскоп АДС-02 изначально задумывался как программно-аппаратный комплекс, поэтому значительная часть функций прибора реализована не аппаратно, а программно. Это накладывает определенные требования на производительность всей системы. В принципе, для нормального функционирования системы в реальном времени вполне хватало процессора 386SX-40, входящего в состав микроконтроллера Octagon Systems 6010. Единственным узким местом в работе было сжатие информации перед её записью на диск. Сжатие и запись блока данных объемом 3 Мбайт занимают 30-60 с в зависимости от сложности информации. Казалось бы, задержка почти незаметная, однако

Таблица 1. Результаты эксплуатации дефектоскопов АДС-02 на Горьковской железной дороге за 2002 год

Показатель	Всего	АДС-02	% к общему числу
Число дефектоскопов сплошного контроля	263	7	2,66
Обнаружено острodefектных рельсов (ОДР), в том числе:	3314	164	4,95
• с коррозией подошвы рельса (тип 69)	17	12	70,6
• с поперечными трещинами в головке рельса (тип 21)	1453	95	6,54
• с продольным горизонтальным расслоением головки рельса (тип 30Г)	959	36	3,75
Обнаружено ОДР на 1 прибор	12,6	23,4	—
Обнаружено ОДР на 100 км пути	1,12	3,05	—

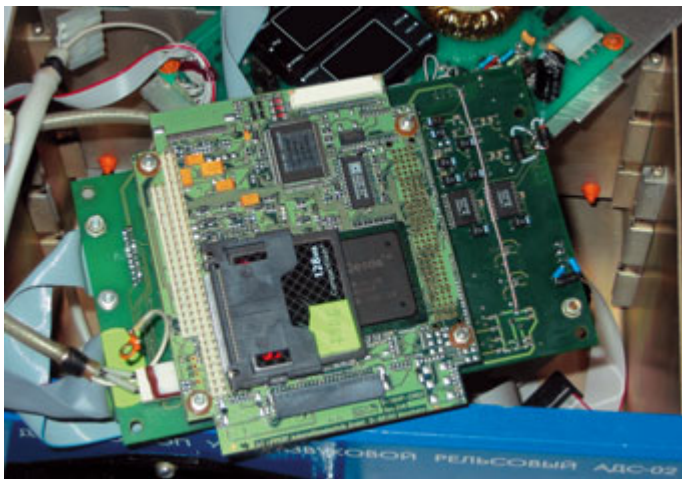


Рис. 3. Одноплатный компьютер Lippert Cool RoadRunner II в составе дефектоскопа АДС-02

следует учесть, что сброс информации на диск происходит через каждые 250 м и на дистанции 6–8 км накапливается изрядная задержка (а ведь оператору еще и в цех бежать с блоком).

В последнее время мы перешли на комплектацию приборов компьютером Lippert Cool RoadRunner II (рис. 3), диапазон рабочих температур и устойчивость к механическим нагрузкам которого близки или совпадают со значениями соответствующих параметров микроконтроллера 6010. В состав этого одноплатного компьютера входит процессор Geode 200 МГц, и преимущества новой платформы в скорости сжатия информации и выполнении ряда других функций быстро отметили операторы. Кроме того, оказалось, что применение одноплатного компьютера Lippert при росте быстродействия в несколько раз позволило снизить и

системы является ресурс встроенного регистратора, то есть допустимый объем записей без перекачки информации на внешний компьютер. Развитие флэш-технологии привело к тому, что вместо диска ёмкостью 16 Мбайт (M-Systems), применявшегося нами в первом образце прибора, сейчас используются диски CompactFlash серии Industrial Grade (SanDisk) ёмкостью 128 Мбайт. При этом не только возросла скорость обмена и уменьшилось энергопотребление, но, что весьма важно, снизилась и стоимость этого узла.

Применение современной элементной базы позволило свести «начинку» прибора всего к трём печатным платам, не считая одноплатного компьютера Lippert: плате питания, интерфейсной плате и плате приёмопередатчиков.

Это создало условия для того, чтобы сделать электронный блок дефектоскопа более компактным (как показано на

рис. 4, блок внутри заполнен в основном соединительными шлейфами, что оставляет возможность дальнейшего сокращения его габаритов).

Ранее мы применяли в качестве устройства отображения плоскостной электrolюминесцентный дисплей Planar EL640.480.AM8 [1, 3]. Этот дисплей при всех его достоинствах требует использования тубуса в условиях яркого фронтального освещения для уменьшения фонового светового потока, что приводит к значительному увеличению габаритов корпуса электронного блока. Это послужило причиной перехода на малогабаритный дисплей повышенной яркости Planar EL320.240.36-HB (1/4 VGA). Конечно, нам пришлось полностью переработать программную оболочку дефектоскопа, чтобы втиснуть на вчетверо меньшее поле всю необходимую информацию. Зато передняя панель прибора стала значительно меньше, что повлияло на общие размеры и массу электронного блока. Яркость свечения экрана нового дисплея раза в 3 выше, чем у предыдущей модели, но для защиты зимним солнечным днём от фоновой засветки, усиленной отражениями от белого снега, всё равно нужен тубус; правда, теперь он имеет существенно меньшие размеры и более эстетично смотрится на передней панели прибора (рис. 5). Отметим операторы и достоинства EL320.240.36-HB, например широкий угол обзора. Важность такого свойства связана с тем, что на дороге бывают ситуации, когда оператору приходится смотреть на экран сбоку; именно поэтому ЖК-индикаторы в таких условиях просто непригодны. Кроме того, общее энергопотребление нового ди-

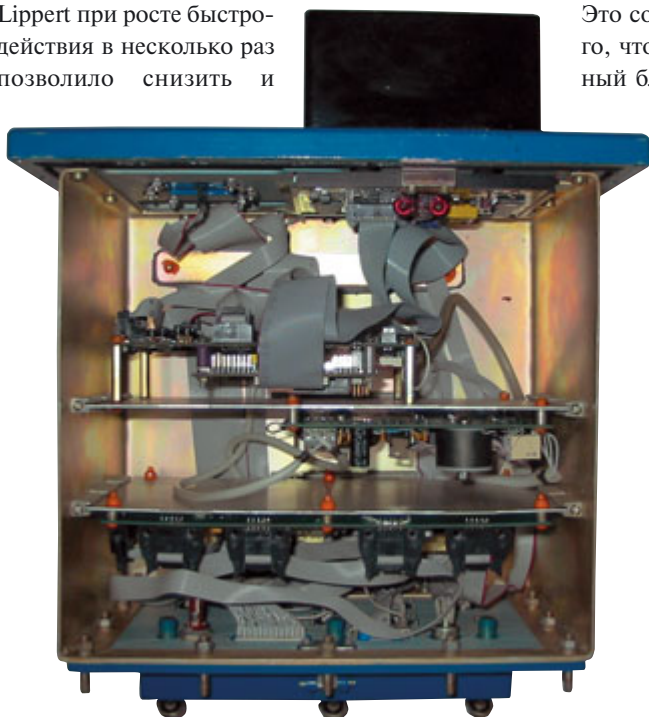


Рис. 4. Электронный блок дефектоскопа

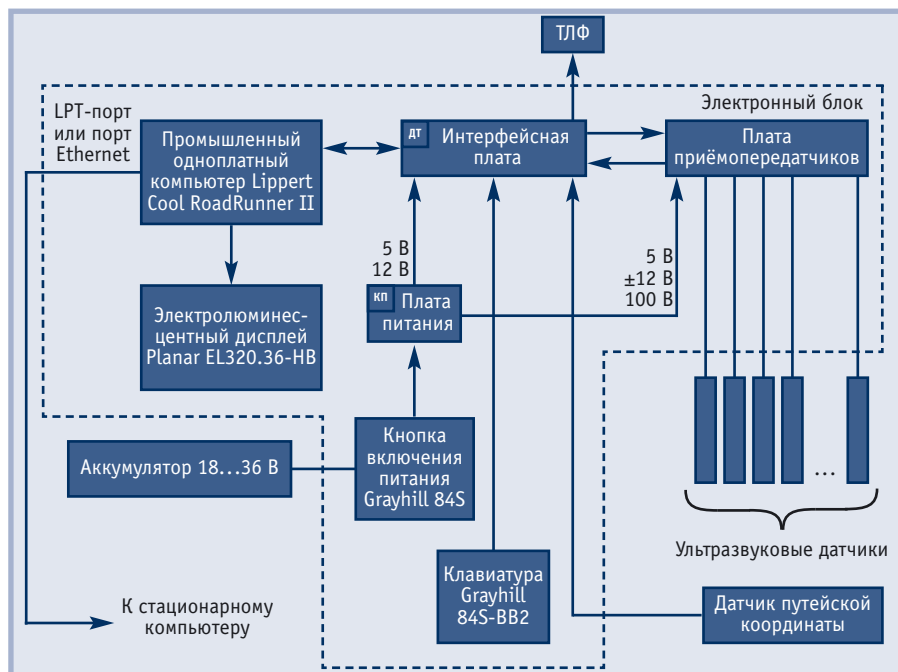


Рис. 5. Дефектоскоп с установленным на экран дисплея тубусом в сборочном цехе завода

сплея оказалось значительно ниже. Мы пробовали также применять эмиссионные дисплеи Pixtech, однако ожидаемого выигрыша в яркости и энергопотреблении не обнаружили, поэтому остановились на маленьком электролюминесцентном дисплее фирмы Planar.

Очень хорошо зарекомендовала себя 16-кнопочная герметичная клавиатура Grayhill 84S-BB2, в том числе при низких температурах до -40°C . При достаточно малых габаритах самой клавиатуры расстояние между кнопками позволяет нажимать на них в рукавицах, что также немаловажно при работе на морозе. В последней версии прибора мы отказались от тумблера включения питания, заменив его одиночной кнопкой Grayhill 84S.

Блок-схема модернизированного дефектоскопа АДС-02 представлена на рис. 6. Наряду с описанным обновлением аппаратной платформы важным отличием структуры описываемого варианта от представленного ранее [1] является то, что нам удалось разместить плату приёмопередатчиков внутри электронного блока (ранее две платы размещались по бокам тележки в отдельных герметичных коробках).



Условные обозначения: ТЛФ — телефоны; ДТ — датчик температуры; КП — схема контроля напряжения питания.

Рис. 6. Блок-схема модернизированного дефектоскопа АДС-02

Плата рассчитана на подключение 16 акустических преобразователей (по 8 на каждую нитку пути). Основой платы служат усилители мощности, построенные на транзисторах производства International Rectifier, и малошу-

мощные усилители и коммутаторы
Analog Devices.

Плата питания разработана на базе DC/DC-преобразователей ИРБИС и обеспечивает электропитание всех узлов дефектоскопа от аккумуляторов в

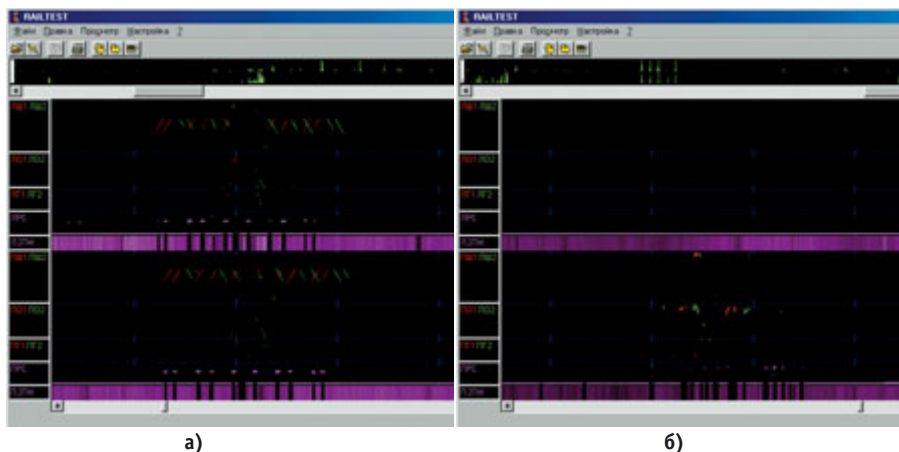


Рис. 7. Программа RAILTEST — растровое изображение результатов контроля рельсов:
а) бездефектный стык, б) дефект в головке рельса

широком диапазоне входных напряжений (18–36 В). В связи со значительным снижением потребления по шине питания 5 В после перехода на новую аппаратную платформу можно вернуться к первоначальному варианту работы с 12-вольтовым аккумулятором, что крайне важно с точки зрения снижения веса всей системы.

В интерфейсной плате, построенной на базе программируемых микросхем Altera и АЦП/ЦАП Analog Devices, реализованы функции обслуживания клавиатуры и датчика путевой координа-

ты, управления усилением приёмников, генерации стереофонического трёхтонального звукового сигнала, высокочастотного двухканального ввода аналогового сигнала с буферизацией и связи с одноплатным компьютером Lippert по шине PC/104. Дополнительно реализован контроль входного напряжения питания прибора и температуры внутри блока.

СВЯЗЬ С КОМПЬЮТЕРОМ

Еще одно нововведение также связано с применением одноплатного

компьютера Lippert. До сих пор передача данных в стационарный компьютер производилась через LPT-порт. Это создавало определённые неудобства, так как скорость передачи невелика, длина кабеля связи ограничена, а к стационарному компьютеру, находящемуся в специальном помещении цеха дефектоскопии (а иногда даже вне цеха), чаще всего подключён принтер. Поэтому получалось, что для перекачки информации требовалось снять электронный блок с тележки, отключив все кабели, принести его в помещение, в котором находится компьютер, подключить к источнику питания и кабелю связи с LPT-портом и только после этого приступить к передаче данных. При наличии нескольких дефектоскопов на одной дистанции пути такая процедура занимает немало времени, которое, заметим, всё ещё не предусмотрено в регламенте рабочего дня дефектоскописта.

Применение одноплатного компьютера Lippert позволило обратиться к сетевым технологиям. Эта плата имеет канал Ethernet 10/100 Мбит/с, и при подготовке электронного блока к серийному выпуску мы предусмотрели соответствующее гнездо на задней панели. В программном обеспечении прибора и в программе RAILTEST для Windows реализован протокол UDP для обмена информацией, что позволяет значительно (в несколько раз) повысить скорость передачи данных, а также организовать удалённую связь между компьютером и дефектоскопом. Для этого просто нужно проложить кабель (витую пару) между помещением, в котором находится стационарный компьютер, и помещением, где стоят дефектоскопы после возвращения с дистанции, и перекачка данных будет производиться без снятия электронного блока с тележки.

ПРОГРАММНАЯ ОБОЛОЧКА RAILTEST

Информация, записанная во встроенный регистратор, передается в стационарный компьютер. Отметим, что само появление компьютеров на дистанциях пути отчасти было стимулировано разработкой новых дефектоскопов, когда дополнительные удобства работы стали очевидны не только для операторов, но и для мастеров. Если в АДС-02 из-за условий работы в

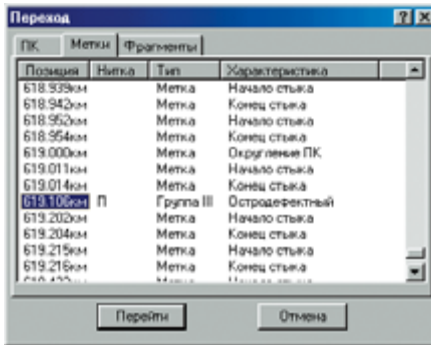


Рис. 8. Меню перехода к помеченному участку

реальном времени применяется MS-DOS 6.22 (слухи о ее полной кончине опять оказались преувеличены, пока ей нет равноценной замены среди новых разработок по надёжности и цене), то в стационарном цеховом компьютере чаще всего применяется одна из разновидностей Windows. Программа RAILTEST, созданная авторами данной статьи, предназначена для приёма информации с дефектоскопов типа АДС-02, её просмотра и хранения в упорядоченном каталогизированном виде, печати данных. При этом можно использовать все преимущества современных компьютерных технологий — высокое разрешение

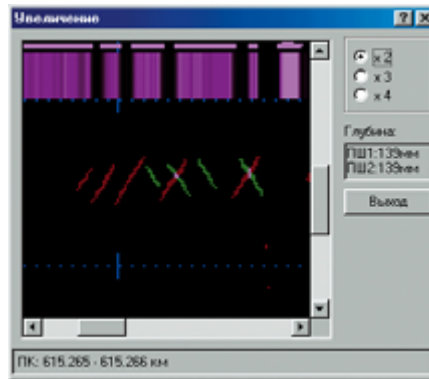


Рис. 9. Увеличение фрагмента записи (режим «лупы»)

экрана, возможность работы с мышью, звук и т.п. Например, собранная информация хранится в папках, имена которых являются названиями участков контроля, а имена файлов — датами контроля. Таким образом можно накапливать информацию о нескольких проходах по одному и тому же участку. Растровое изображение (рис. 7) выглядит, на первый взгляд, хаотичным набором чёрточек, однако для специалиста эти штрихи несут вполне определённую информацию и легко расшифровываются, хотя листание 6...8-километровой записи довольно утомительно. Программа по-

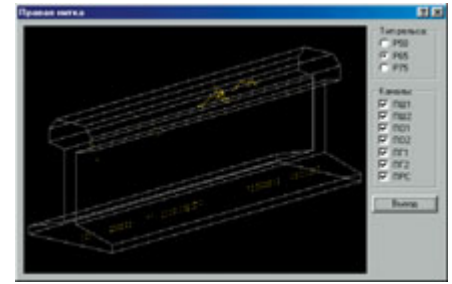


Рис. 10. Реконструированное изображение дефекта

зволяет одновременно открыть и просматривать несколько записей, просматривать журнал записей, быстро переходить от одного фрагмента к другому (рис. 8), увеличивать отдельный фрагмент (рис. 9), измерять глубину, а также реконструировать расположение «цели» (дефекта), используя информацию, полученную с разных каналов (рис. 10). Все перечисленные сервисные функции призваны несколько облегчить работу по расшифровке записей.

Программу можно использовать и для обучения операторов, так как в ней предусмотрены имитация звуковой и визуальной информации дефектоскопа при работе в пути, а также окна для трёхмерной демонстрации хода ультра-

звукового луча и места расположения «цели».

Программа входит в комплект поставки прибора, по мере её совершенствования и добавления новых функций обновленные версии будут рассылаться всем пользователям.

Планы на будущее

Освоение новых принципов получения и обработки информации о дефектах представляет собой пока только научно-исследовательскую задачу, и говорить об их скором внедрении преждевременно. Поэтому дальнейшее развитие автоматизированных систем неразрушающего контроля представляется в основном направленным на совершенствование сервиса связи и обмена информацией.

Сейчас появляются и становятся доступными по ценам устройства хранения информации на внешних носителях с обменом по USB-порту. Это открывает возможность передавать информацию в цех дефектоскопии, не перевозя в него весь дефектоскоп. Основная проблема здесь заключается в программной совместимости. Как уже указывалось, электронный блок АДС-02 функционирует в среде MS-DOS 6.22. К сожалению, эта ОС не имеет встроенной поддержки USB или Ethernet, поэтому возникает проблема драйверов. Фирмы-производители не балуют разработчиков сведениями об устройствах и не предлагают свои решения. Отдельные герои, занимающиеся написанием таких драйверов, не хотят браться за работу, не обещающую массового тиражирования, или устанавливают стоимость разработки, сопоставимую с ценой всего прибора. Тем не менее работа в этом направлении ведется.

Необходимость ежедневной передачи информации с регистраторов в цех для хранения и вторичного контроля открывает ещё одно направление работы. В настоящее время проводится мощная кампания по компьютеризации железных дорог России. Например, на Горьковской железной дороге волоконно-оптической линией связи объединена уже значительная часть дистанций, поэтому применение Интернет-технологий в дефектоскопии можно считать одним из перспективных направлений. Первый шаг был сделан

нами, когда был организован канал связи по UDP. В настоящее время для успешной передачи данных между дефектоскопом и компьютером требуется присутствие человека на обоих концах линии связи, что существенно затрудняет удалённую передачу. В то же время нет никаких принципиальных препятствий на пути реализации более сложных сетевых протоколов обмена информацией (например TCP/IP). Если оператор будет иметь возможность передавать информацию в цех непосредственно с линии, производительность и оперативность контроля резко возрастут.

Широкое внедрение дефектоскопов с регистраторами и повышение качества записи информации может привести и к ещё одному качественно новому шагу — применению современных технологий автоматизированного распознавания растровых изображений для повышения производительности труда. Сейчас вся записанная информация просматривается вручную, что весьма утомительно, учитывая объём поступающих данных и возможности ошибок при визуальном распознавании эхограмм человеком, пусть даже и квалифицированным. В то же время множество предприятий и организаций занимаются разработкой программных продуктов для распознавания образов, например, на основе нейронных сетей [4], а обработка растровых образов дефектов довольно легко алгоритмизируется. Конечно, решение о признании найденного рисунка изображением дефекта будет принимать оператор (так же, как и врач, ставящий диагноз на основании инструментальных данных). Применение таких технологий может перевести ультразвуковую дефектоскопию рельсов на качественно новый уровень.

Заключение

Как уже отмечалось, дефектоскопы АДС-02 успешно прошли испытания МПС и Госстандарта РФ и применяются в системе федеральных железных дорог. К настоящему времени серийное производство дефектоскопов нового поколения осваивает Федеральное унитарное предприятие «Нижегородский завод им. М.В. Фрунзе». Были найдены и другие применения прибора, например, он успешно используется на рельсосварочном пред-

приятии РСП-17 Горьковской железной дороги для входного контроля рельсов перед сваркой бесстыковых плетей.

Приведённые примеры новых функций и возможностей дефектоскопа в рамках одной модели показывают очевидные преимущества использования встраиваемых IBM PC совместимых платформ при создании нового поколения аппаратуры неразрушающего контроля. Бурное развитие микроэлектроники, появление новых аппаратных и программных средств позволяют быстро, безболезненно и с небольшими затратами обновлять парк дефектоскопов без замены многих дорогостоящих узлов, повышать ресурсные и функциональные возможности приборов. Опыт эксплуатации партии приборов показал правильность выбранного нами направления в разработке систем неразрушающего контроля, заключающегося в сочетании программной универсальности и аппаратной надёжности.

Авторы признательны главному инженеру службы пути ГЖД А.А. Альхимовичу за помощь в организации экспериментальных исследований и ходовых испытаний разработанной аппаратуры, а также заместителю начальника лаборатории дефектоскопии ГЖД С.Ф. Ровнову за консультации и помощь при подготовке методических документов. ●

Литература

1. Бабиков Д.Б., Грибов В.А., Кириллов А.Г. и др. Автоматизированная дефектоскопия рельсов// Современные технологии автоматизации. — 2000. — № 1.
2. Гурвич А.К., Марков А.А. Испытания регистраторов съёмных двухниточных дефектоскопов// В мире неразрушающего контроля. — 2001. — № 3.
3. Липницкий А.К. Области применения плоскочастотных дисплеев Planar// Современные технологии автоматизации. — 1999. — № 4.
4. Яхно В.Г., Нуйдель И.В., Иванов А.Е. и др. Исследование динамических режимов нейроноподобных систем. Примеры приложений// Информационные технологии и вычислительные системы. — 2003. — № 2.

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