

## 20 лет. Трудный путь к успеху



**А. А. Марков.** Зам. директора НИИ «Союз» по перспективным направлениям развития систем управления и диагностики на ж.д. транспорте, Директор НТК СНК. Доктор технических наук, «Почетный машиностроитель». Выпускник ЛИИЖТа (ПГУПС). В ОАО «Радиоавионика» с 1992 г

*Рассмотрена история становления и развития в ОАО «Радиоавионика» направления по разработке современных систем неразрушающего контроля рельсов и других изделий. Приведены этапы деятельности по разработке и поставке средств дефектоскопии. Инновационные технические решения, созданные в процессе разработки, внедрены в серийные приборы и технологии. В результате деятельности НТК СНК средства диагностики эффективно эксплуатируются на железных дорогах России и ряда зарубежных стран.*

### Начало

Предпосылкой к развитию работ по неразрушающему контролю рельсов в ОАО «Радиоавионика» можно считать первое появление молодого инженера НИИ Мостов ЛИИЖТа А. Маркова в «ВОЕНМЕХе» в июне 1981 года. Он пришел за консультацией к заведующему кафедрой «Радиоэлектронные системы управления» А.А. Коростелеву, автору многих трудов и учебников по теоретическим основам радиолокации. После двухчасового рассказа инженера о его задумках по созданию скоростного (до 90 км/ч) вагона-дефектоскопа с излучением непрерывных ультразвуковых колебаний и выделением эхо-сигналов от дефектов на базе эффекта Доплера А.А. Коростелев поручил молодому аспиранту Е.Э. Чернышову подключиться к этой проблеме.

Будущий генеральный директор ОАО «Радиоавионика» – Евгений Эйжениевич Чернышев – не раз возвращался к этой теме как при оформлении кандидатской, так и при работе над докторской диссертацией. Совместно с сотрудниками НИИ Мостов иногда до часа ночи проводились эксперименты по выделению и распознаванию ориентации объектов в однородной среде [2]. Выяснилось, что задача выделения эхо-сигналов на фоне помех при ско-

ростном контроле рельсов из-за малого числа принимаемых импульсов иногда сложнее, чем локация объектов в космическом пространстве.

Прошли годы. В ноябре 1992 года в МПС РФ был поднят вопрос о необходимости разработки нового вагона-дефектоскопа. Состоялась срочная встреча А. А. Маркова в ХК «Ленинец» с Е.Э. Чернышовым и его заместителем по экономике и финансам Т.Н. Бершадской по обсуждению вопроса о возможности создания вагона-дефектоскопа нового поколения на базе ОАО «Радиоавионика». По предложению Татьяны Николаевны было принято решение взяться за разработку и изготовление не только дефектоскопической аппаратуры, а всего вагона-дефектоскопа в целом. В мае 1993 г такой договор с МПС России был подписан.

### **Становление**

Работы в ОАО «Радиоавионика» начались не только по созданию вагона-дефектоскопа с аппаратурой АВИКОН-03, но по инициативе профессора А.К. Гурвича - целого комплекса средств неразрушающего контроля рельсов: двухниточного съемного дефектоскопа АВИКОН-01, переносного ультразвукового (у.з.) дефектоскопа АВИКОН-02, комплекта стандартных образцов СО-1 – СО-4 и др. В этих приборах и средствах страна остро нуждалась, так как в связи с развалом СССР основной производитель средств дефектоскопии рельсов - ПО «Волна», со специально построенным для этих целей заводом «Электроточприбор», оказался за границей (Молдова).

Работы велись молодым коллективом - вначале под руководством выпускника «ВОЕНМЕХа» С.В. Киселева (1993-1997 г.г.), потом – А.Т. Казаченко (1997-1999 г.г.). В 2000-2003 г.г. под руководством Н.А. Белоусова коллектив приступил к разработке приборов нового поколения: регистраторов сплошного контроля РИ-01 для двухниточных дефектоскопов АВИКОН-01, установок для входного и выходного контроля рельсов и сварных стыков рельсо-сварочных предприятий (РСП), серийного выпуска портативного дефектоскопа АВИКОН-02Р и аппаратуры АВИКОН-03М. После перехода Н.А. Белоусова на должность первого зам. Генерального директора – директора НИИ «Союз» для решения задач всей организации ОАО «Радиоавионика», руководство НТК Систем неразрушающего контроля было поручено д.т.н. А.А. Маркову (с 2004 г. – по настоящее время).

В состав вновь созданного научно-технического комплекса (НТК СНК) вошли научно-технические центры (НТЦ) разработки съемных и переносных (под руководством к.т.н. М.Н.Шилова) и мобильных (П.Г. Политай) средств неразрушающего контроля, а также Отдел конструкторской документации и сопровождения производства (В.А. Бовдей).

### **Продукция**

В октябре 2005 г. внесен в Государственный реестр средств измерений новейший **дефектоскоп сплошного контроля рельсов – АВИКОН-11**, превосходящий по своим технико-эксплуатационным характеристикам

АВИКОН-01. В этом же году на базе данного прибора разработана и изготовлена установка для контроля рельсов на рельсосварочном предприятии **АВИКОН-11РСП**. С января 2006 года две установки успешно эксплуатируются на РСП-8 Северной ж.д. Впоследствии, аналогичные установки внедрены на РСП-31 Северо-Кавказской ж.д. и РСП-29 (Зап-Сиб. ж.д.).

Проведена масштабная работа по модификации совмещенного вагона-дефектоскопа, оснащаемого новым улучшенным **дефектоскопическим комплексом АВИКОН-03(М)**. Впервые на нашем вагоне внедрена система видеорегистрации рельсов, синхронизированная с данными дефектоскопических каналов. Жесткая привязка видеок кадров к сигналам ультразвуковых и магнитных каналов значительно помогает при принятии решения о качестве контролируемых сечений рельсов (рис.1).

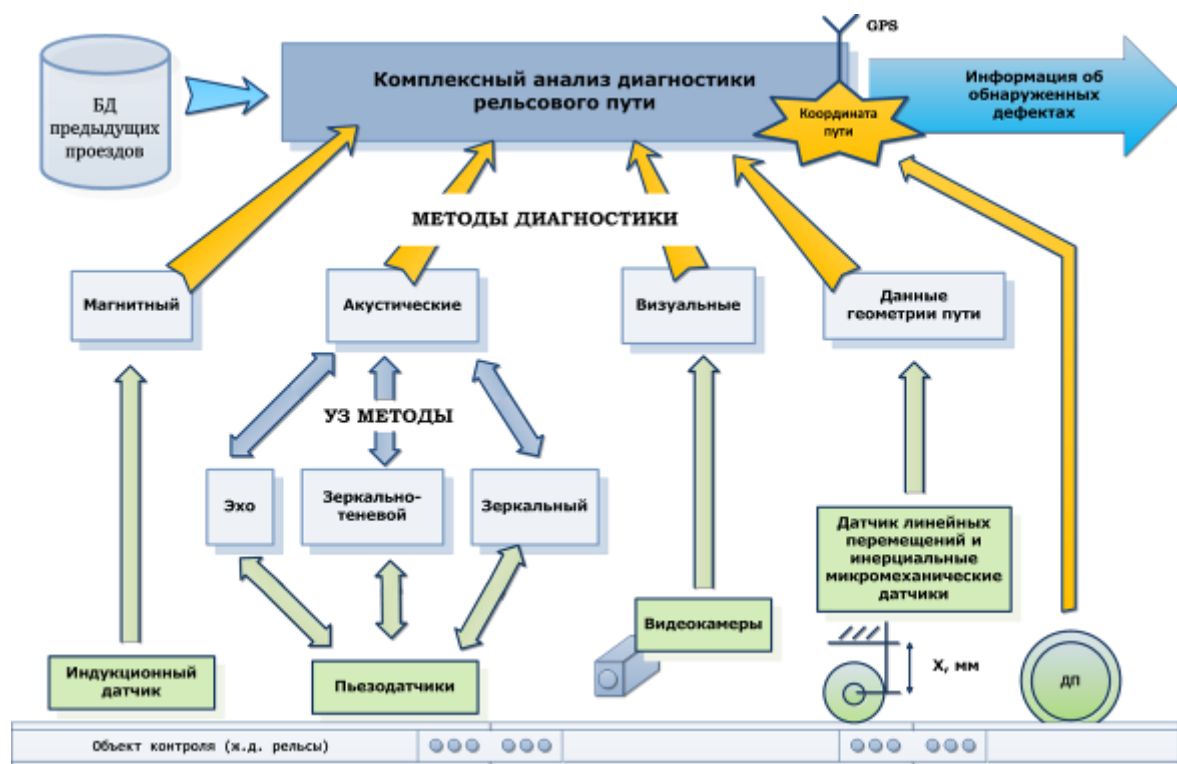


Рис.1. Структура сбора и анализа комплексной диагностической информации вагона-дефектоскопа с расширенными функциональными возможностями

Расширение функциональных возможностей вагона-дефектоскопа в последние годы реализовано путем повышения каналов видеорегистрации (до 12 камер, в том числе и управляемых) и введения инерциальной системы измерения отдельных параметров геометрии рельсового пути. Комплексный анализ получаемой вагоном-дефектоскопом информации позволяет дополнительно повысить вероятность обнаружения дефектов в рельсах.

Начиная с 2000 г., на Российских железных дорогах протяженность бесстыкового пути ежегодно возрастает на 3 – 3,5 тыс. км, охватывая на сегодняшний день более 65% протяженности главных путей. Естественно, при-

меняемая до настоящего времени технология ручного контроля сварных стыков не может обеспечить требуемую производительность и надежность контроля.

Перечисленные выше обстоятельства продиктовали необходимость создания нового **автоматизированного многоканального дефектоскопа МИГ-УКС** для ультразвукового контроля электроконтактных сварных стыков рельсов. Его задачей является исключение участия оператора в процессе сканирования, повышение производительности, а также формирование протокола контроля для каждого проверенного сварного стыка.

Первые опытные образцы МИГ-УКС разработки 2005 -2007 г.г., обеспечивающие озвучивание сварного сечения с двух статических положений дефектоскопа, не полностью удовлетворили требованиям ОАО «РЖД». Доработка МИГ-УКС путем введения сканирования на локальном участке заметно повысила достоверность контроля (рис.2).



Рис.2. Первые лица государства и ОАО «РЖД» знакомятся с новым многоканальным дефектоскопом МИГ УКС

В 2011 г. дефектоскоп успешно прошел строгие испытания приемочной комиссии ОАО «РЖД» и началось его внедрение на сети дорог. Эксплуатация как первых, так и модернизированных МИГ-УКСМ показала, что среднее время контроля одного сварного стыка составляет 3 – 3,5 мин., что в несколько раз меньше, чем при ручном контроле.

Традиционно все российские дефектоскопы сплошного контроля рельсов используют систему ввода у.з. колебаний, основанную на акустических блоках скольжения. Такие системы имеют несложную конструкцию, просты в эксплуатации и весьма надежны.

Однако при наличии любых неровностей на поверхности катания возможно кратковременное нарушение акустического контакта, что приводит к появлению «непроконтролируемых» участков пути. Как показывают наши исследования и зарубежный опыт, устранить этот недостаток можно путем использования систем качения (колесных ультразвуковых преобразователей), обеспечивающих ввод у.з. колебаний через упругую оболочку.

Естественно, задача ультразвукового контроля изделий с неидеальными поверхностями (с точки зрения ввода у.з. колебаний) является актуальной для всех отраслей промышленности, где используются акустические методы контроля. Однако в России до недавнего времени опыт использования колесных ультразвуковых преобразователей для НК металлоизделий отсутствовал.

В связи с этим в 2008 г. в ОАО «Радиоавионика» были начаты работы по разработке многоканальных ультразвуковых колесных преобразователей. Пришлось решать весьма сложные задачи по размещению пьезопреобразователей разных типов в замкнутом пространстве колеса, по созданию конструкции самого колеса и системы подвески, а также по выбору и производству полиуретановых оболочек.

Решение этих задач дало возможность создания на базе существующего дефектоскопа АВИКОН-11 создать **новый прибор АВИКОН-14**, который отличается от прототипов не только новой системой ввода у.з. колебаний, но и новым подходом к построению радиоэлектронной части дефектоскопа. В данном приборе, а также в других новых дефектоскопах (АВИКОН-15, АВИКОН-17) в качестве устройства обработки и индикации дефектоскопической информации применяются компактные защищенные промышленные компьютеры. С одной стороны это упрощает построение дефектоскопа и сокращает сроки разработки, с другой – предоставляет существенно большие возможности по адаптации представления информации под конкретного потребителя.

Новые возможности дефектоскопа АВИКОН-14 создают предпосылки для постепенного изменения технологии сплошного контроля рельсов. До настоящего времени оператор съемного дефектоскопа принимал решение о дефектности изделия в пути только по явным дефектам. Значительная часть дефектов (до 20%) выявляется в стационарных условиях (на участке дефектоскопии) в процессе вторичного анализа дефектограмм, собранных дефектоскопной тележкой или мобильным средством НК.

Широкие возможности индикатора (дисплея) дефектоскопа АВИКОН-14 позволяют анализировать дефектограммы на повышенной чувствительности и обоснованно принимать решение о наличии или отсутствии дефекта непосредственно в пути.

Необходимость прибора для вторичного контроля – однониточного дефектоскопа-штанги, не уступающего по возможностям основным средствам дефектоскопии, для российских железных дорог назрела давно. Естественно, этот прибор должен обеспечивать сплошную регистрацию сигналов и дать возможность контролировать локальные участки пути протяженностью до 200 м. Такой **многоканальный дефектоскоп АВИКОН-15** по заданию Департамента пути и сооружений ОАО «РЖД» разработан в течение 2009 -2011 г.г. Отличительной особенностью прибора является его исполнение в виде штанги, малые габариты и масса (не более 8 кг), схема прозвучивания, повторяющая схемы средств сплошного контроля последнего поколения, и естественно, непрерывная регистрация сигналов по всем каналам.

Классический подход ультразвуковой дефектоскопии обеспечивает регистрацию измеряемых характеристик дефектов: коэффициента выявляемости  $K_d$ , глубины залегания и условных размеров (условной протяженности  $\Delta L$ , ширины  $\Delta X$  и высоты  $\Delta H$ ). При этом реальные размеры дефекта и его конфигурация остаются недоступными для анализа.

Многолетние исследования и знания реальной практики контроля позволили сотрудникам НТК СНК разработать **прибор АВИКОН-17** для оценки реальных размеров дефектов в головке рельсов. Он позволяет просканировать локальный участок головки рельса и отобразить конфигурацию поперечной трещины на дисплее портативного компьютера. Полуавтоматический расчет измеренной площади дефекта и возможность его представления в виде 3D-изображения является оригинальным решением.

Таким образом, основным результатом деятельности ОАО «Радиоавионика» в области неразрушающего контроля за два десятилетия явилось разработка и поставка на железные дороги более 10 наименований новых средств и программных продуктов для дефектоскопии рельсов, повышающих безопасность движения поездов (рис.3). Причем практически все разработанные приборы для своего времени были и остаются наиболее передовыми по техническим решениям и эффективными по выявляемости дефектов.

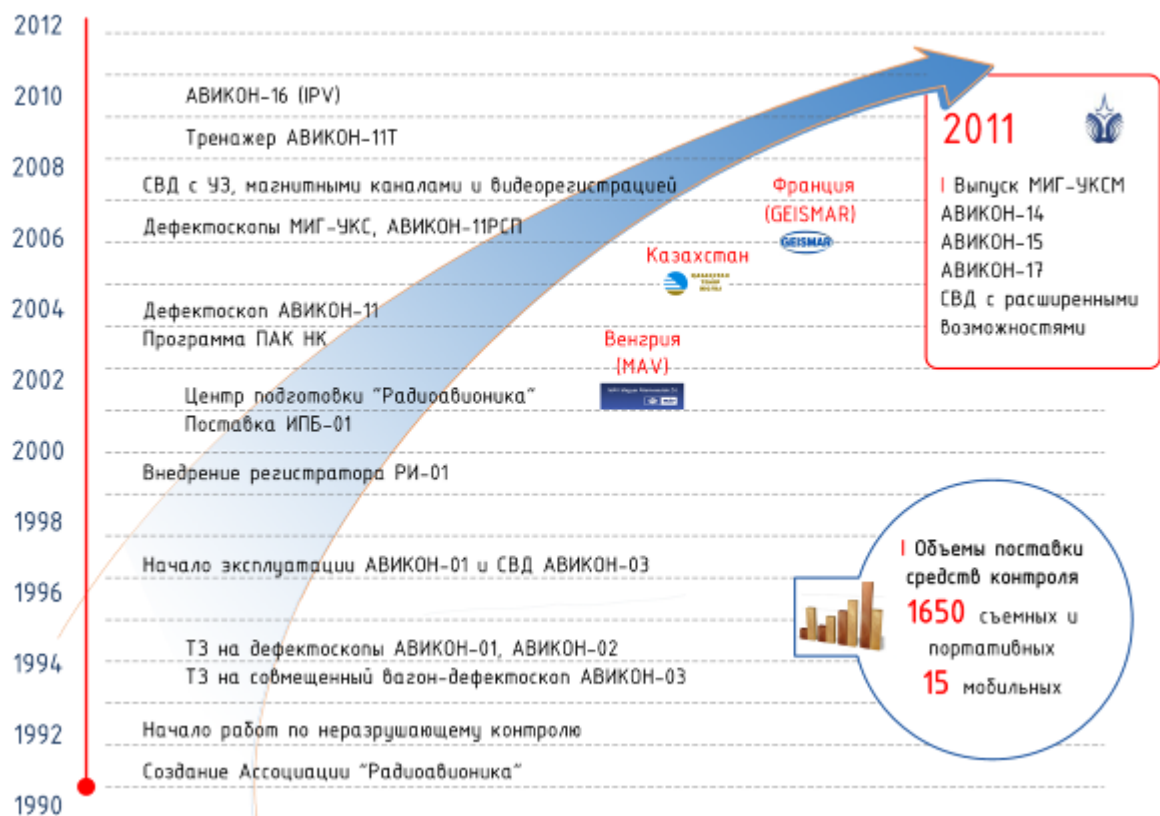


Рис.3. Этапы развития работ и объемы поставки средств неразрушающего контроля производства ОАО «Радиоавионика»

### Внедрение

Внедрение любой современной дефектоскопической техники сопряжено с многочисленными испытаниями приборов (предварительные, эксплуатационные, приемочные и т.п.) в реальных условиях пути. В этом нам оказывают неоценимую помощь работники Октябрьской ж.д. (начальник Центра диагностики А.С. Гапоненко и начальник отдела НК В.В. Ежов), Северо-Кавказской, Московской и Горьковской железных дорог, а также сотрудники рельсосварочных предприятий №8 (г. Ярославль, Северная ж.д.) и №1 (ст. Предпортовая, Окт.ж.д.).

Во многих приборах реализованы предложения и замечания линейных работников пути, высказанные в процессе испытаний. Это делает новые приборы наиболее адаптированными под конкретные условия эксплуатации в пути (низкие температуры, влажность, электромагнитные помехи). Управление нашими приборами, как правило, не требует высокой квалификации, т.к. они имеют продуманный интуитивно понятный интерфейс, также подсказанный непосредственными пользователями.

### Научная деятельность

Разработка этих и других дефектоскопов, имеющих принципиальную новизну и оригинальную конструкцию, не была бы возможна без соответ-



вующей научно-технической базы. Параллельно с проведением разработок приборов проводились научно-исследовательские работы, направленные на решение как отдельных технических, так и комплексных вопросов дефектоскопии рельсов.

По многим направлениям специалисты НТК СНК предложили инновационные технические решения в области НК. Наиболее важными из них являются:

1. Совмещение ультразвуковых и магнитных методов контроля в одном вагоне-дефектоскопе;
2. Построение многоканального съёмного дефектоскопа со встроенным микропроцессором и отображением информации в виде мнемонического изображения;
3. Новые методы обнаружения дефектов рельсов с помощью: зеркального, метода «два эхо», схем РОМБ и РОМБ+;
4. Электронно-акустическое устройство КРАБ для проверки многоканальных дефектоскопов;
5. Многоуровневая регистрация сигналов сплошного контроля и отображение (наложение) амплитудной огибающей донных сигналов на В развёртку;
6. Разработка требований по представлению дефектоскопической информации в многоканальных системах и программно-аппаратного комплекса неразрушающего контроля (ПАК НК). ПАК НК поставлен на все (400) дистанции пути ОАО «РЖД»;
7. Разработка автоматизированной многоканальной (до 70 каналов) установки МИГ-УКСМ для контроля сварных стыков в пути;
8. Разработка установки для контроля старогодних рельсов на рельсо-сварочных предприятиях (РСП) с представлением информации сплошного контроля на сервер РСП;
9. Разработка способа и устройства ввода у.з. колебаний через упругую оболочку («ультразвуковое колесо»);
10. Разработка способа и прибора для оценки реальных размеров дефектов в головке рельса (АВИКОН-17);
11. Разработка серии компьютерных обучающих программ, учебников по рельсовой дефектоскопии и дефектоскопа-тренажёра АВИКОН-11Т.

Особенно ценным в деятельности НТК СНК является то, что большинство разработок доведены до широкого внедрения. Результаты научной и конструкторской деятельности делают выпускаемые нами приборы уникальными в своих областях.

Каждый новый прибор, как правило, базируется на не менее, чем двух-трех изобретениях, патентообладателем которых является ОАО «Радиоавионика». Только за последние годы по тематике НТК СНК получены более 20 патентов на изобретения и полезные модели.

Результаты научных работ в области НК регулярно публикуются в авторитетных журналах «Дефектоскопия» (Российская академия наук), «Путь и



путевое хозяйство» (отраслевой журнал ОАО «РЖД»), «В мире неразрушающего контроля» и др., а также докладываются на Всероссийских и международных конференциях по НК и путевому хозяйству. Наши технические предложения неоднократно докладывались и на научно-технических советах ОАО «РЖД». Самые новые технологии, методики, технические решения, разработанные нашей организацией, становятся доступными для всех, кто работает для потребностей железных дорог России.

Все вновь разработанные средства НК периодически демонстрируются на международных и отраслевых выставках, основными из которых являются: ежегодная Международная выставка – ярмарка «Путевая техника и инфраструктура» (г. Калуга) и «Международный железнодорожный салон EXPO 1520» (ст. Щербинка, Экспериментальное кольцо ВНИИЖТа) (рис.4).



Рис.4. На 10-й Европейской конференции по неразрушающему контролю

Высокий уровень наших разработок подтверждается многочисленными дипломами, грамотами и медалями, полученными на этих выставках.

### **Зарубежные контакты**

Работы по созданию современных высокоэффективных средств дефектоскопии и положительные результаты их эксплуатации на российских железных дорогах не остались незамеченными и зарубежными специалистами.

В конце 90-х – начале 2000 г.г. состоялись многочисленные встречи со специалистами по НК рельсов из Австралии, Китая, Индии и других стран.

В 2005 г. подписано соглашение и в 2008 г. поставлена аппаратура АВИКОН-03М для оснащения вагона-дефектоскопа для венгерских железных дорог. Обладая многими техническими преимуществами над аналогами, этот вагон-дефектоскоп и по сегодняшний день эффективно контролирует

рельсы железных дорог стран центральной Европы (Венгрия, Австрия, Словения, Хорватия и др.).

Фирма «Жейсмар» (Франция) является поставщиком путевой техники практически для всех железных дорог мира. В результате подписанного в 2007 г. соглашения началось тесное сотрудничество между нашими фирмами в области дефектоскопии рельсов (рис. 5).



Рис. 5. Испытания дефектоскопа АВИКОН-11 на железных дорогах Франции (TGV)

Успешная работа много лет ведется и со странами СНГ и Прибалтики. Вагон-дефектоскоп с тремя системами неразрушающего контроля успешно эксплуатируется на железных дорогах Казахстана, дефектоскопы АВИКОН-11 контролируют рельсы Бакинского метрополитена.

### **Перспективные направления**

Железные дороги России продолжают развиваться: растет грузонапряженность, внедряется бесстыковой путь, повышаются скорости движения поездов. Несмотря на повышение качества рельсов, выпускаемых на металлургических комбинатах, количество задач по неразрушающему контролю не уменьшается.

Первоочередными задачами, требующими скорейшего решения, по нашему мнению являются:

- увеличение скоростей контроля (что требует внедрение скоростного движения). Достигнутые скорости контроля рельсов с помощью вагонов-дефектоскопов (60 км/ч) накладывают ограничения на их эксплуатацию на скоростных участках пути;
- разработка новых технологий и средств контроля алюминотермитной сварки рельсов в пути;

- автоматизация анализа сигналов контроля рельсов съёмными и мобильными средствами;
- разработка процедуры и оборудования для мониторинга рельсового пути для снижения эксплуатационных расходов.

Все указанные выше проблемы в настоящее время являются актуальными не только для России, но и для железных дорог ведущих стран мира.

Эти и другие задачи неразрушающего контроля могут быть решены на базе создаваемого в ОАО «Радиоавионика» Научно-инженерного Центра неразрушающего контроля (НИЦ НКР). Наша организация имеет все необходимые ресурсы для скорейшего создания такого Центра.

### **Центр подготовки**

Разрабатываемые приборы представляют собой сложные радиоэлектронные комплексы. Их эффективная эксплуатация и техническое обслуживание возможны лишь квалифицированными специалистами, специально обученными для работы с данной техникой. Профильные ВУЗы и техникумы дают только основы неразрушающего контроля и не в состоянии проследить за новейшими достижениями в области диагностики рельсов. В связи с этим с 2003 г. на базе ОАО «Радиоавионика» открыт Центр подготовки по неразрушающему контролю. Центр имеет Лицензию Комитета по высшему образованию Санкт-Петербурга и утвержденные ОАО «РЖД» программы обучения по дефектоскопии рельсов и железнодорожной автоматике.

За 9 лет обучено более 2500 специалистов со всех железных дорог России, с крупных промышленных предприятий, метрополитенов и железных дорог Украины и Казахстана. Занятия на этих курсах ведут непосредственные разработчики дефектоскопической аппаратуры – сотрудники НТК СНК. Тесный контакт слушателей, имеющих практический опыт работы по контролю рельсов, и разработчиков, создающих для них современную дефектоскопическую технику, приносят свои положительные результаты. Операторам, понимая идеологию построения приборов, проще обслуживать их в пути, разработчикам – создавать приборы, наиболее адаптированные к реальным условиям.

Центр подготовки «Радиоавионика» пользуется заслуженным авторитетом на железных дорогах страны, и с каждым годом количество желающих пройти у нас курсы повышения квалификации растет.

### **Коллектив НТК СНК**

Естественно, весь комплекс изложенных выше работ по развитию систем дефектоскопии рельсов и других объектов ж.д. транспорта не мог быть выполнен без квалифицированного и эффективно работающего коллектива. В НТК СНК практически с первых дней работают выпускники кафедры «Методы и приборы неразрушающего контроля» ПГУПС (С.Л. Молотков, В.Н. Чуканов, О.Ф. Захарова, В.В. Мосягин, А.Б. Козьяков, В.О. Федотов), БГТУ им. Устинова (Д.А. Шпагин, В.А. Бовдей, М.Н. Шилов, Д.В. Федоренко,

А.А. Шмелев, С.Б. Кононов, Р.М. Козлов, И.И. Погодин, Е.А. Кузнецова, А.Д. Шпагин, М.В. Кескинов, Д.О. Затолокин, Ю.А. Марков), ГУАП (П.Г. Политай, С.П. Маховиков, Ю.А. Трифонов, О.Б. Яковлев, Д.А. Дерюгин), ЛГУ (Д.В. Алексеев, А.В. Косенко), а также других ведущих ВУЗов России. Их интеллектуальный потенциал, инженерные знания, творческий подход и трудолюбие позволили создать целый комплекс новейших средств дефектоскопии рельсов, признанных как в России, так и за рубежом. Многие из них награждены дипломами и памятным знаками Всероссийского конкурса «Инженер года» и другими наградами.

В первые годы становления НТК СНК значительный вклад в выборе основных направлений деятельности и в разработке функциональных решений наших приборов внесли д.т.н., проф. А.К. Гурвич, к.т.н. Г.А. Антипов и Д.А. Шпагин, специалисты С.Л. Молотков, В.А. Бовдей, В.Н. Чуканов, И.Б. Поваров и др. Уже наблюдается преемственность поколений и сыновья некоторых из основателей (А.Д. Шпагин и А.Г. Антипов) успешно работают в нашем подразделении.

Молодые выпускники ВУЗов последних лет (А.С. Афанасьев, Е.А. Максимов и М.А. Александрова) быстро освоили тонкости разработки современной диагностической техники и также начали вносить свой вклад в создание новой техники.

За прошедшее двадцатилетие на базе ОАО «Радиоавионика» создан и эффективно действует коллектив Научно-технического комплекса средств неразрушающего контроля (НТК СНК), способный решать самые сложные задачи в области разработки и внедрения средств дефектоскопии, имеющих мировой уровень.