



ПОРТАТИВНАЯ РЕНТГЕНТЕЛЕВИЗИОННАЯ СИСТЕМА

В.А.ТРОИЦКИЙ

ИЭС им.Е.О.Патона НАНУ. 03680. г. Киев-150, ул.Боженко, 11. E-mail: office@paton.kiev.ua

Описана портативная рентгенотелевизионная система РТВ-03, состоящая из острофокусного рентгеновского аппарата, компактного электронно-оптического преобразователя, ноутбука с цифровой обработкой рентгеновских и оптических изображений объекта. Показаны новые технологические возможности неразрушающего контроля, основанные на использовании данной аппаратуры. Библиогр. 7, рис. 16.

Ключевые слова: неразрушающий контроль, портативная рентгенотелевизионная система

Институт электросварки им.Е.О.Патона НАН Украины совместно с Киевским политехническим институтом разработал портативную цифровую телевизионную рентгеновскую аппаратуру с цифровой обработкой результатов контроля. С ее помощью можно получать как радиоскопические, так и радиографические изображения на бумажном или другом носителе [1–4].

На рис. 1 показана принципиальная структурная схема устройства, включающая портативный рентгеновский аппарат, пульт управления, монокристаллический экран, ноутбук и принтер, которые располагаются, в основном, в двух кейсах.

На рис. 2 показан процесс закрепления такой аппаратуры на четырехниточном трубопроводе кислородного завода. Видны четыре трубки диаметром 18 мм из нержавеющей стали, общая протяженность которых несколько километров. Другие методы НК в данном случае малоэффективны. Просматривались одновременно четыре параллельно идущих трубопровода. По сравнению с другими [5–7] техническими решениями, основные преимущества такой аппаратуры состоят в следующем:

- высокая производительность и мобильность;
- высокая разрешающая способность и стабильность изображения;
- цифровая обработка изображения;

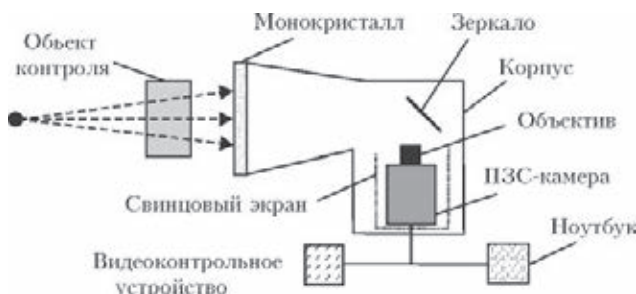


Рис. 1. Принципиальная схема рентгеновской телевидеоаппаратуры

- построение графиков распределения плотности изображения;
- возможность архивирования изображений;
- выполнение функции радиоскопии и радиографии;
- небольшие габариты;
- возможность контроля движущихся объектов.

Такая телевизионная система, условно названная РТВ-03, обеспечивает чувствительность радиационного контроля порядка 2,0 %, что соответствует чувствительности некоторых пленочных систем. Использование РТВ-03 снижает стоимость и повышает скорость рентгеновского контроля в несколько раз. Запоминать и архивировать теперь можно только нужную информацию о состоянии объекта контроля, вид и размер обнаруженных дефектов, заполнение объемов, утонение стенок и т.п.

Аппаратура РТВ-03 поставляется заказчику в течение трех месяцев после заключения договора и формулирования условий использования имеющихся у заказчика средств. Поставляемая портативная, легкая, полностью цифровая система формирования на мониторе видео- и рентгеновского изображений, выполненная на основе видеоконтрольных систем, ПЗС-матриц и CsJ, Gd₂O₂S (Tb) экранов, изготавливается под конкретные



Рис. 2. Размещение РТВ-03 на четырехниточном трубопроводе

требования заказчика. Предлагаемый комплект оборудования типа РТВ-03 является результатом длительной исследовательской работы и производится по индивидуальному заданию заказчика. Оно позволяет проводить обследования самых разнообразных неразъемных конструкций и материалов (рис. 3–16).

На экране ноутбука можно получить одновременно рентгеновское и оптическое изображение объекта высокого качества, которые можно совмещать, анализировать, корректировать, выделять интересные фрагменты. Удобное для использования программное обеспечение позволяет проводить точные исследования деталей, их внутренние и внешние изображения. Время получения результата – мгновенное. Значительно повышается рентабельность и наглядность НК. Любые объекты из пластмасс, металла, бетона, композитов с эффективной толщиной по стали до 20 мм могут быть быстро обследованы и иметь оценку их реального качества. При необходимости диапазон эффективных толщин может быть увеличен в соответствии с возможностями излучателя заказчика и поставляемыми флюоресцирующими экранами, типами ПЗС-матриц и пр.

Модульное построение комплекта РТВ-03 позволяет использовать его для медицинских, технических, таможенных задач. Эта аппаратура совместима с изотопами, портативными и промышленными, импульсными и непрерывными источниками рентгеновского излучения. Время экспонирования (продолжительность облучения) сохраняется для однотипных экспозиций, возможность отказа оборудования сведена к минимуму. Изображение можно проанализировать на месте и сохранить в базе данных для дальнейшего просмотра и учета. В аппаратуре РТВ-03 есть функция автоматического измерения толщины и внутренних поражений трубопроводов и т.п. Система соответствует основным промышленным стандартам для радиационного контроля.

Технические данные РТВ-03

Масса теле-видео-преобразователя.....	5,5 кг
Динамический диапазон качества изображения.....	12 бит (16 градаций серой зоны)
Разрешающая способность	3,5 пары линий/мм
Тип формирователя изображения.....	стандартный ноутбук

Для подачи питания от автомобиля можно использовать преобразователь переменного тока, цифровую фотокамеру для получения внешних оптических изображений, совмещаемых с рентгеновскими образами.

Оборудование оснащено современным цифровым программным обеспечением, библиотекой слайдов, базой данных и окном запроса. В отличие от других видов цифрового радиационного контроля:

- нет промежуточных носителей информации в виде рентгеновских пленок, полупроводниковых пластин и средств считывания с них информации;
- нет металлических экранов, кассет для пленок и пластин, химикатов;
- нет расхода времени на работу с промежуточными носителями информации (расположение на объекте, обработка на считывающем устройстве).

Обеспечена совместимость с международными стандартами НК, например, применяемых для Boeing BSS 7075/7074; ASTM E2422/05 (литье); ASTM E2959/07.

Аппаратура РТВ-03 обеспечивает изображения сразу на экране и, при необходимости, печатается на бумаге, имеется дружественное к пользователю программное обеспечение. Цифровая обработка с накоплением информации обеспечивает наилучшее качество снимков перед их архивированием.

Телевидеосистемы типа РТВ-03 предназначены для экспертов технадзора, таможенных служб и профессионалов, занимающихся мониторингом, сравнительными повторными испытаниями узлов, которые продолжают эксплуатироваться при наличии дефектов.

С цифровой телевидеосистемой РТВ-03 можно:

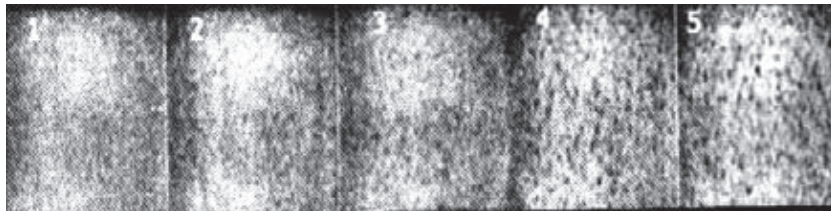
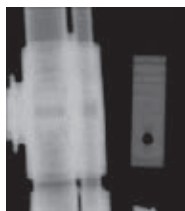


Рис. 3. Паяный узел турбины самолета

Рис. 4. Оценка пористости по пятибалльной шкале



Рис. 5. Сварной шов: пористость, трещины и непровар

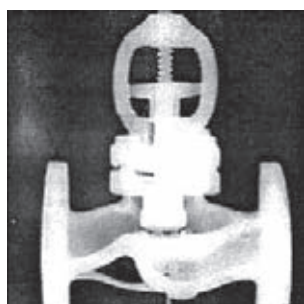


Рис. 6. Клапан вентиля

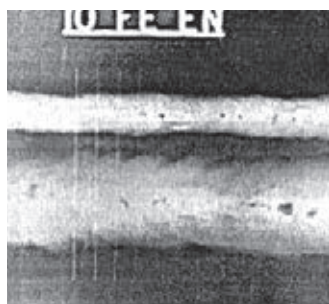


Рис. 7. Стык трубы через две стенки

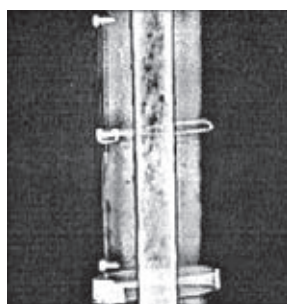


Рис. 8. Коррозия под изоляцией

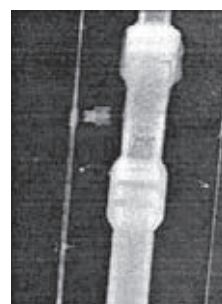


Рис. 9. Изолированная труба

- снизить время и стоимость НК неразъемных и трудно доступных объектов, особенно при взаимном перемещении объекта и аппаратуры;
- исключить повторное экспонирование и получить результат в реальном масштабе времени;
- избежать разборки или демонтажа объекта, удаления его изоляции перед НК;
- все результаты архивируются, протоколируются, подвергаются сравнительному анализу и могут быть воспроизведены через определенное время.

С системой «реального времени» можно получить неограниченное количество снимков непосредственно на объекте с мгновенным результатом – до получения желаемого снимка.

Приведем некоторые примеры (рис. 3–16) использования портативных рентгеновских телевидеосистем, подобных РТВ-03, взятые из литературных источников США, России, Японии, Украины, Китая и др. стран.

Аппаратура типа РТВ-03 фактически объединяет цифровые радиографию и радиоскопию. Со временем появится понятие цифровая телерадиография (печать на бумагу или на пленку), кроме более широкого распространения НК, должна сократить объемы применения радиоактивных источников (Ir-192, Se-75), дать новые технологические решения, которые невозможны при других видах НК. Например, сотрудники института ВИАМ [6] показали перспективность применения подобного контроля для отливок из сплавов алюминия. Характерная для этих металлов пористость (рис. 4) оценивается по пятибалльной системе. При оценке балла пористости при необходимости

на экране изображается соответствующая шкала для определенной толщины силумина. Набор такой информации содержится в памяти устройства. Другими методами эта задача практически не решается.

На рис. 5 показан протяженный непровар в корне шва, газовые поры, поперечная трещина, имеющие достаточно большое раскрытие, на рис. 6 – неразборный сантехнический сифон после продолжительной его химической очистки.

Программное обеспечение РТВ-03 сочетает в себе интерфейс со средствами анализа снимков, сделанных различными аналогичными РТВ-03 системами, взятыми из разных литературных источников (см. рис. 3–16).

Запрос по библиотеке слайдов и встроенная база данных позволяют рассматривать снимки и рассылать по другим адресам. Фотографии объектов и видеозаписи хранятся вместе с соответствующими им рентгеновскими снимками. Функция запроса разработана для упрощения поиска по базе данных.

Имеется процедура масштабирования и автоматической калибровки:

- на цифровое увеличение до 500 %, которое показывает исследователю мельчайшие подробности объекта;
- измерение толщины стенки включает аннотацию подробностей о снимке и кривую плотности почернения.

Кроме того, выполняется коррекция яркости и контраста, усиление изменения краев, полярности усиления, автоматическое осреднение данных, подавления шумов. Данные возможностей аппаратуры РТВ-03 адаптированы с американской системой Vidisco, которая получила большое распространение в мире. Аппаратура комплектуется по желанию заказчика из имеющихся у него элементов (рентгенаппарат, компьютер, кабели, вспомогательные элементы, крепления, штативы и пр.) по индивидуальному проекту, учитывая возможности заказчика.

Пример применения подобных систем приведен в японском журнале «Хиканай Кэнса», № 12, 2012, в статье «Системы контроля трубопроводов ...». Здесь описана самоходная установка, содержащая

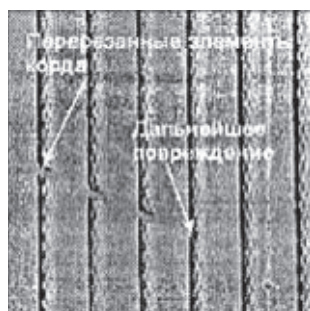


Рис. 10. Перерезанный корд конвейерной ленты

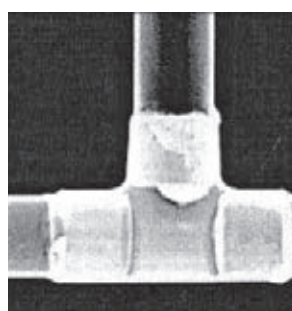


Рис. 11. Пайка медных труб

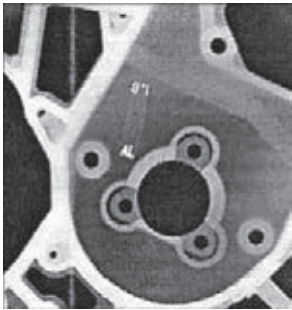


Рис. 12. Отливка

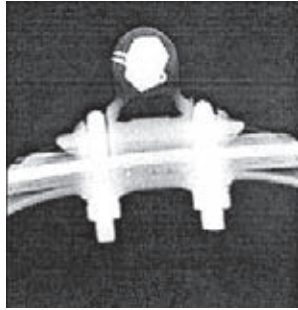


Рис. 13. Хомут электрокабеля



Рис. 14. Лопатка турбины

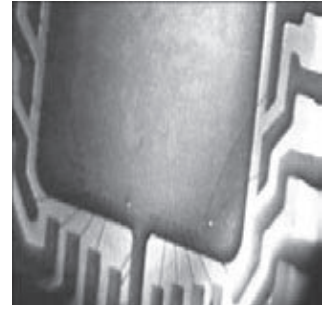


Рис. 15. Фрагмент микросхемы (X100)

источник излучения Ir-192 и перемещаемый синхронно преобразователь. В какой-то мере эта система является близким аналогом РТВ-03: имеет ту же систему цифровой обработки информации. Она не имеет только видеокamеры. Такие устройства в Японии применяют уже более 12 лет для диагностирования трубопроводов без снятия изоляции и для НК труднодоступных металлоконструкций. Анализ 384 аварий в Японии показал, что из изученных 19 причин аварий основными являются глубокие коррозионные поражения – 156 случаев, т.е. прежде всего это достаточно крупные дефекты, которых обычно много и за состоянием которых надо постоянно наблюдать. В этой работе приведены сравнительные результаты измерений остаточной толщины радиоскопической системой и ультразвуком. Отклонения в измерениях есть как в плюсовую, так и в минусовую стороны в пределах 5...20 %.

На рис. 16 показана радиограмма и построенный компьютером график распределения плотности почернения для изолированного кольцевого шва трубы диаметром 152,4 мм толщиной 4 мм. На трубе находится теплоизоляция, обшитая сталью 0,8 мм, которая стянута проволокой. Как видно из графика и рентгеновского снимка, стальная оболочка теплоизоляции положена внахлест (5, 7). График плотности почернения показывает наличие большого количества мелких коррозионных поражений и глубокую язву (1) диаметром 10 мм и глубиной 0,8 мм. На снимке видна проволока (4) и нахлесточное (5) соединение обшивки. Имеется

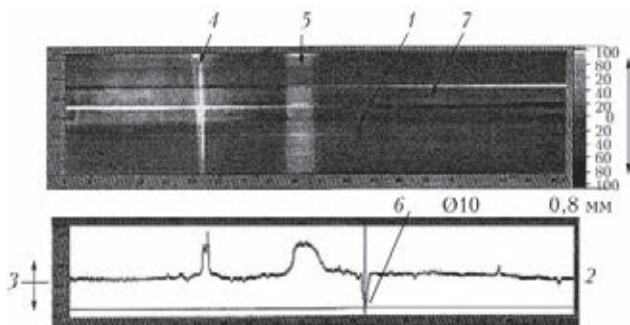


Рис. 16. Рентгенограмма и график распределения плотности почернения трубопровода с теплоизоляцией и обшивкой, выполненные с помощью Thru-VU

износ стенки трубы (3, 2), контроль велся со скоростью 1...5 м/мин.

Выводы

Совместно с другими организациями ИЭС им. Е.О. Патона НАН Украины разрабатывает и поставляет портативные рентгенотелевизионные системы типа РТВ-03 по индивидуальным проектам с учетом технических возможностей заказчиков, которые часто имеют практически все необходимое вспомогательное оборудование для цифровой рентгено-видеотехнологии.

Портативное рентгеновидеоборудование должно существенно расширить области применения НК в самых разнообразных отраслях промышленности, инспекционном, медицинском, таможенном надзоре.

Применение аппаратуры типа РТВ-03 позволяет решать технологические задачи, которые ранее были под силу только стационарной рентгеновской многоакурсной томографии. Решаются задачи с подвижными, а также с недоступными объектами.

Наибольшее применение подобных систем ожидается от экспертов технического надзора, которые будут использовать их для обнаружения внутренних дефектов в малодоступных узлах сооружений, где не могут быть использованы традиционные средства НК, а также и при роботизации НК.

Описанная портативная цифровая видеотелерадиография сократит применение традиционной радиографии с промежуточными носителями информации (пластины, пленки и т.п.) и средствами съема с них информации, которая теперь обрабатывается и распространяется в электронном виде.

В реализации данного проекта принимают участие кандидаты техн. наук: С.Р. Михайлов, В. Шалав, М.Н.Карманов, Н.Г.Белый, инженеры: В.Н.Бухенский, Б.А.Онащенко, Б.Ф.Рогалев.

1. Дефектоскопические рентгенотелевизионные системы высокой чувствительности / В.А.Троицкий, С.В.Денбювецкий, Н.Г.Белый и др. // Техн. диагностика и неразруш. контроль. – 1997. – № 4. – 5 с.

2. *Повышение чувствительности рентгенотелевизионного контроля.* Материалы конф. НКТД-2000. / В.А.Троцкий, С.В.Денбновецкий, А.В.Лещинин и др. – С. 225–229.
3. *Пат. 19254 Україна.* Спосіб рентгенотелевізійної дефектоскопії / В.О.Троїцький, С.В.Денбновецький, М.Г.Білий, С.Р.Михайлов. – 15.12.2006.
4. *Высококочувствительные рентгенотелевизионные системы на основе рентгеновских экранов и ПЗС-камер с накоплением изображений* / В.А.Троцкий, В.Н.Бухенский, Н.Г.Белый и др. // Техн. диагностика и неразруш. контроль. – 2009. – № 3. – С. 41–46.
5. *Троїцький В. А.* Посobie по радиографії сварних соединений. – Киев: Феникс, 2008. – 312 с.
6. *Степанов А. В., Косарина Е. И., Усачев В. Е.* Рентгеноскопический контроль отливок из сплавов силумина // Контроль. Диагностика. №5. – 2012. – С. 19–23.
7. *Неразрушающий контроль в Украине.* Справочник / Под ред. В.А.Троцкого, Ю.Н.Посыпайко. – Киев: ИЭС им.Е.О.Патона НАНУ, 2012. – 144 с.

A portable X-ray TV system RTV-03 is presented, which consists of a sharply-focused X-ray unit, compact electron-optical converter, and notebook with digital processing of X-ray and optical images of the object. New technological capabilities of non-destructive testing are demonstrated, which are based on application of this instrumentation. 7 References, 16 Figures.

Keywords: X-ray TV system RTV-03, digital processing of images, NDT

Поступила в редакцию
27.06.2013

ПОЗДРАВЛЯЕМ С ЮБИЛЕЕМ !



20 июля 2013 г. исполнилось 75 лет со дня рождения **Эдуарда Самойловича Крылова** - кандидата технических наук, ведущего научного сотрудника Государственного научно-исследовательского, проектно-конструкторского и проектного института «УкрНИИпроект».

После окончания в 1960 г. Киевского политехнического института Э.С.Крылов работал на заводе «Большевик», а с 1965 г. и по настоящее время – в Институте угольной промышленности «УкрНИИпроект».

В 1972 г. он защитил кандидатскую диссертацию, а в 1974 г. получил ученое звание старшего научного сотрудника.

В сфере научных интересов Эдуарда Самойловича главенствующее место занимают методы НК. Именно благодаря высокому профессионализму, энергии и результативной работе Эдуарда Самойловича это возглавляемое им направление становится в институте и отрасли неотъемлемой частью программ и методик диагностики технического состояния горных машин и оборудования. Под его руководством и при непосредственном личном участии разработан и внедрен ряд нормативных документов и технических средств контроля и диагностики несущих металлоконструкций оборудования акустико-эмиссионным методом, создан ряд модификаций диагностической аппаратуры – УКОД, УАЭКМ, АКТ, КАРАТ и др. Эти разработки заслужили признание учёных и специалистов-эксплуатационщиков, отмечены медалями ВДНХ СССР, грамотами и

дипломами за лучшие научные и технологические разработки в области НКТД.

Под руководством и при непосредственном участии Крылова Э. С. на ряде горнорудных предприятий созданы службы НК и внедрены методики обследования оборудования.

Эдуард Самойлович стоял у истоков создания Украинского общества НКТД и принимает активное участие в его работе, являясь бессменным представителем Института «УкрНИИпроект» в Обществе, регулярно выступает с докладами на национальных конференциях. В составе делегации УО НКТД Э.С.Крылов принимал участие в Всемирных конференциях по НК в Италии, Испании, Израиле, демонстрировал свои разработки на Международной выставке угледобывающих и перерабатывающих технологий и оборудования «Уголь/Майнинг».

Э.С. Крылов является автором более 140 научных трудов и четырех изобретений.

Эдуард Самойлович применяет неразрушающие методы для контроля на объектов из железобетона и кирпичных конструкций, которые согласно действующей нормативной базы требуют обследования и паспортизации их технического состояния.

Плодотворная научная, инженерная и производственная деятельность Эдуарда Самойловича более 40 лет в угольной промышленности отмечена ведомственными наградами, он является кавалером «Шахтерской славы» всех трех степеней.

Уважаемый Эдуард Самойлович, желаем Вам реализации всех Ваших творческих планов, семейного счастья, крепкого здоровья и благополучия!

Правление Украинского общества НКТД