

# СТЕНД ДЛЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО УЛЬТРАЗВУКОВОГО НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ СЛОЖНОПРОФИЛЬНЫХ ИЗДЕЛИЙ ИЗ ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ

**О. Н. БУДАДИН, Ю. Г. КУТЮРИН, А. А. ФИЛИПЕНКО, Е. Е. МУХАНОВ**

(Техн. ин-т энергетических обследований, диагностики и неразрушающего контроля «ВЕМО», Москва)

*Разработан стенд автоматизированной ультразвуковой дефектоскопии сложнопрофильных изделий из полимерных материалов, решающий задачи автоматизации сбора и обработки многоканальной информации с целью обнаружения несплошностей на фоне структурных неоднородностей и помех.*

*A facility was developed for automated ultrasonic flaw detection in complex-contoured products from polymer materials, solving the tasks of automation of acquisition and processing of multichannel data, in order to detect discontinuities against the background of structural inhomogeneities and interference.*

В условиях резко возрастающих требований к качеству выпускаемой продукции основное внимание уделяется обеспечению достоверного и высокопроизводительного контроля качества. Все более очевидным становится факт невозможности дальнейшего повышения качества продукции без соответствующего, а в ряде случаев, опережающего развития методов и средств неразрушающего контроля и диагностики\*.

Перспективным направлением в современной технике является использование углеродных и полимерных композиционных материалов, имеющих широкие перспективы использования и ряд преимуществ перед традиционными материалами — металлами, особенно в авиакосмических отраслях техники. Однако такие материалы требуют особого подхода, новых решений при разработке и создании методов и средств их дефектоскопии. Это вызвано множеством видов таких материалов, специфическими особенностями конструкций из них и технологией изготовления, разбросом физико-механических и прочностных характеристик, разнообразием типов дефектов, возникающих в процессе изготовления и эксплуатации.

Учитывая, что указанными изделиями, начиная от изготовления и заканчивая применением, занимаются несколько специализированных предприятий, возникает еще одна не менее сложная и актуальная задача: обеспечить все заинтересованные предприятия идентичными по техническим и эксплуатационным характеристикам техническими, программными и методическими средствами дефектоскопии.

Решение указанных задач возможно только при условии резкого повышения информативности и достоверности результатов НК и диагностики на базе использования комплекса методов и средств НК. Повышение информативности результатов обуславливает переход к комплексному многоканальному НК контролю, обеспечивающему обнаружение и распознавание всех дефектов конструкции, влияющих на качество изделий и надежность их эксплуатации и, в конечном итоге, оценки определения степени их опасности для функционирования изделий.

Это приводит к необходимости решения новых классов задач НК:

– автоматизации сбора и обработки многоканальной информации для обнаружения несплошностей на фоне структурных неоднородностей и помех;

– обеспечение единства условий и методик проведения дефектоскопии на различных предприятиях.

Цель настоящей работы — обеспечение достоверного производительного НК сплошности изделий из углеродных и полимерных композиционных материалов путем универсальных, единых для различных предприятий технических, программных и методических средств, для исключения расхождений результатов дефектоскопии изделий на этих предприятиях путем их оснащения современными едиными серийными средствами и методиками автоматизированной дефектоскопии.

Для решения этой задачи создан стенд для автоматизированного УЗ НК сложнопрофильных изделий из полимерных материалов.

\*Тепловой неразрушающий контроль изделий / О. Н. Будадин, А. И. Потапов, В. И. Колганов и др. — М.: Наука, 2002. — 476 с.

**Технические характеристики системы дефектоскопии**

Общие параметры системы:

Метод контроля .....	ультразвуковой теневой или зеркально-теневой
Акустические преобразователи .....	бесконтактные, $f = 40$ кГц
Дефектоскоп .....	УД2Н-ПМ либо другой с аналогичными характеристиками
Компьютер .....	стационарный либо переносной малогабаритный
Управление процессом контроля .....	с единого пульта управления
Обеспечение полной информации о текущем состоянии системы контроля и процесса контроля с автоматической сигнализацией о пришедшей либо потенциальной неисправности .....	имеется
Нарушение соосности датчиков в процессе сканирования, не более, мм .....	0,5
Скорость перемещения точки сканирования, мм/с .....	до 100
Плотность заполнения поверхности сканирования, % .....	100
Общая масса, не более, кг .....	120

Электропитание стенда:

напряжение, В .....	220 В
частота, Гц .....	50
Максимальная потребляемая мощность, Вт .....	250

Параметры контролируемых изделий:

Форма .....	цилиндр и конус с переменной толщиной стенки
Наличие неоднородных зон в пределах образующей изделия как по толщине, так и по характеристикам материала: .....	допускается
Диаметр, мм:	
большой (для конуса) .....	250...1500
малый .....	150...800
Толщина стенки, мм .....	(возможна переменная толщина в пределах одного изделия) 5...15
Материал .....	углепластик, органопластик, стеклопластик
Высота изделия, мм .....	до 1600
Выявляемые дефекты:	
Тип дефектов .....	нарушение сплошности, воздушные включения и расслоения
Минимальные размеры, мм .....	10×10
Минимальное раскрытие, мм .....	0,1
Селекция и объединение дефектов .....	имеется на стадии обработки информации

На рис. 1 показан стенд для автоматизированного УЗК сложнопрофильных изделий.

Дефектоскопия изделий осуществляется в три этапа.

1. Диагностика и тестирование технических и программных средств системы дефектоскопии.

*Тестирование и настройка УЗ дефектоскопа.* В качестве дефектоскопа используется прибор УД2Н-П. Дефектоскоп функционирует в режиме измерительного прибора, так как часть дефектоскопических функций, в частности, обнаружение дефектов (см. ниже) осуществляет специальное программное обеспечение.

На рис. 2 приведено окно тестирования и ввода параметров работы дефектоскопа.

Используя меню «Дефектоскоп», можно получить доступ к окну, в котором устанавливаются параметры работы программы с дефектоскопом — порт, к которому подключен прибор, скорость обмена с ним, частота посылок (скорость изменений амплитуды сигнала).

Нажав клавишу «Проверить», можно проверить работоспособность программы с дефектоскопом, при этом в нижней части окна будет выводиться сигнал с дефектоскопа.

Кроме параметров дефектоскопа здесь же устанавливается режим контроля, в зависимости от которого программа проводит идентификацию де-

фектных участков изделия. Для режима «Теневой, зеркально-теневой» дефектами признаются те участки, на которых амплитуда сигнала не превышает установленный порог дефектности, а для режима «Эхо-импульсный» — дефектными признаются участки с амплитудой, превышающей порог дефектности. При изменении режима контроля происходит изменение цветовой схемы дефектограммы.

*Тестирование исправности механизированной части системы контроля.* На рис. 3 приведено окно тестирования и ввода параметров механической части.

В качестве параметров механической части необходимо выбрать датчики положения, отвечающие за контроль оборотов изделия, начало и окончание линейной зоны контроля. Окно параметров механической части открывается из меню «Механика».

*Тестирование программного обеспечения и установка параметров сбора информации при контроле изделий.* Для начала контроля изделия (рис. 4) необходимо выбрать пункт меню «Контроль изделия» и указать тип изделия, диаметр, длину контролируемой части, номер изделия и ФИО оператора. Затем включить привод механической части и нажать клавишу «Приступить к контролю».

2. Проведение контроля — сбор информации по поверхности контролируемого изделия.

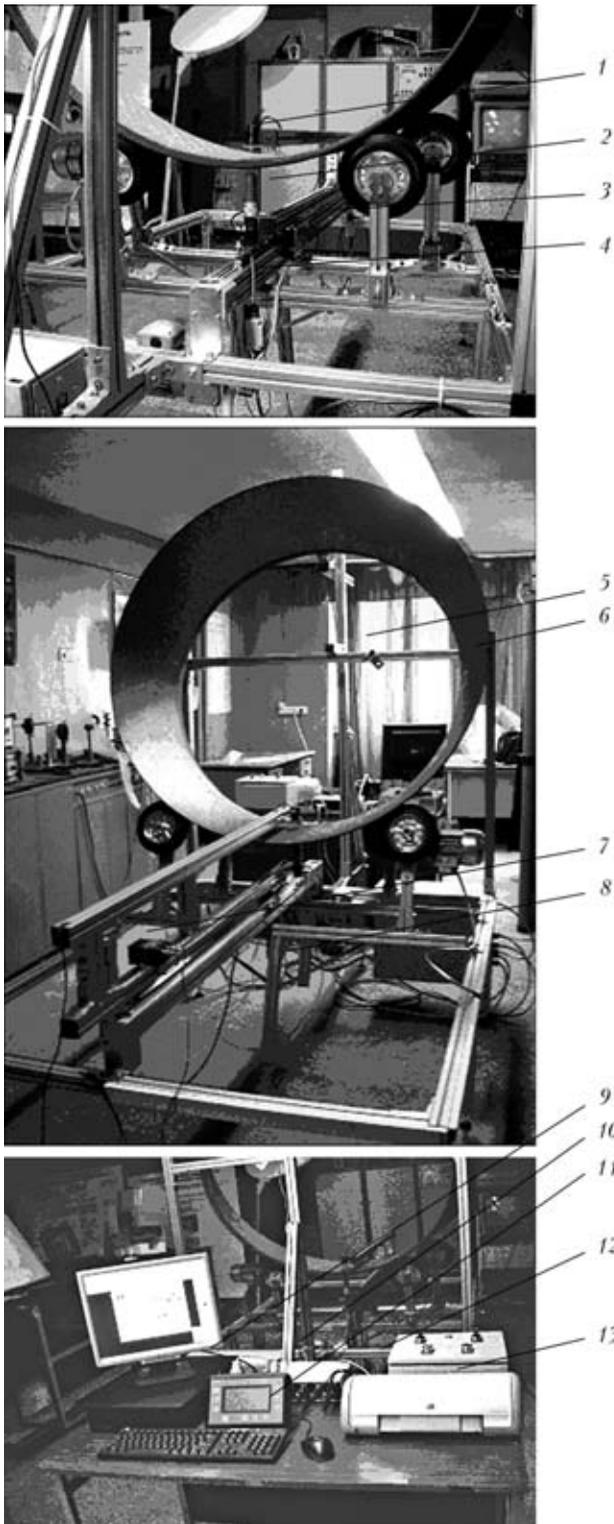


Рис. 1. Стенд для автоматизированного УЗ НК: 1, 2 — ультразвуковые преобразователи; 3, 4 — датчик соответственно начала и окончания контроля; 5 — контролируемое изделие; 6 — датчик оборотов; 7 — предварительный усилитель; 8 — механизированная сканирующая система; 9 — ЭВМ; 10 — блок ввода информации от датчиков положения изделия; 11 — УЗ дефектоскоп; 12 — пульт управления механизированной системой сканирования; 13 — принтер

После выполнения операции «Приступить к контролю» механизированная система осуществ-

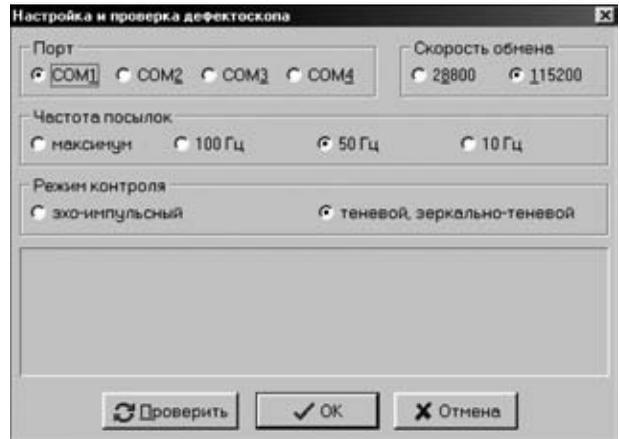


Рис. 2. Окно тестирования и ввода параметров работы дефектоскопа

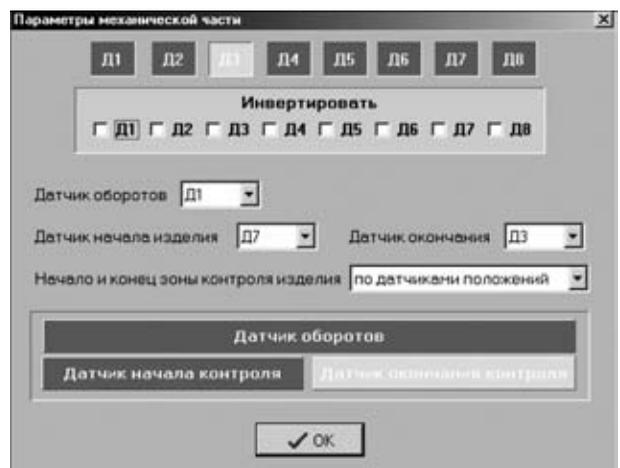


Рис. 3. Окно тестирования и ввода параметров механической части

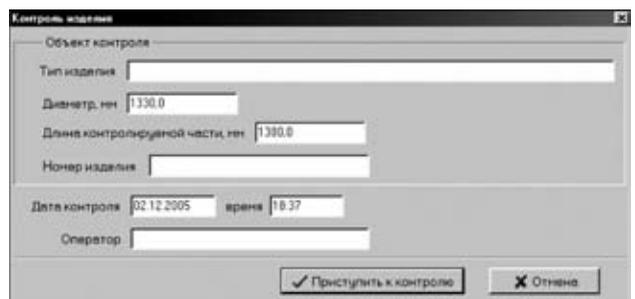


Рис. 4. Окно ввода параметров контролируемого изделия

вляет вращение контролируемого изделия одновременно с выполнением продольного движения ультразвуковых преобразователей, выполняя таким образом сканирование изделия по спирали. Дефектоскоп, находясь под управлением программы, выполняет измерения с заданной частотой повторений. Результатом каждого измерения служит максимальная амплитуда в зоне контроля, значение которой программа получает от дефектоскопа и сохраняет во внутренней памяти, формируя дефектограмму контроля изделия.

Для привязки к координатам изделия используется датчик оборотов для синхронизации начала

записи каждого кольца спирали, а также датчики начала и окончания контроля изделия для привязки по длине изделия. При отсутствии датчиков начала и окончания контроля оператор может вручную начинать и заканчивать запись по длине изделия.

На рис. 5 показано главное окно в режиме контроля изделия.

В процессе проведения контроля оператор может визуально контролировать процесс.

В ручном режиме оператор задает начало зоны контроля нажатием клавиши «F5» на клавиатуре ЭВМ, а ее окончание — клавишей «F8». При работе от датчиков положения начало зоны контроля определяется по первому срабатыванию датчика начала (после этого он может быть выключен), а окончание — по первому срабатыванию датчика окончания зоны контроля (если контроль уже начался).

Запись протокола начинается с момента первого срабатывания датчика оборотов, при начавшейся зоне контроля. В верхней части окна в режиме самописца выводится измеренная дефектоскопом амплитуда в зоне контроля, а остальное место занимает дефектограмма, которая формируется в процессе измерения и дает общее представление об изделии.

Для остановки записи дефектограммы оператор может нажать клавишу «F10», после чего указать реальную длину проконтролированного участка изделия.

После окончания контроля ЭВМ предлагает сохранить результат сканирования в файле для последующей обработки.

3. Обработка результатов контроля и формирование итоговых документов.

На рис. 6 приведено окно обработки результатов контроля, на рис. 7 — дефектограмма изделия.

На этом этапе осуществляется автоматизированный анализ матрицы ультразвукового сигнала

по поверхности изделия, с выделением единичных дефектов и подсчетом общей площади дефектов.

Анализ проводится в соответствии с установленным режимом контроля и выбранным уровнем дефектности. Точки с амплитудой сигнала, превышающей уровень при эхо-импульсном режиме и точки с амплитудой менее уровня при теновом режиме признаются дефектами.

Выбор порогового значения сигнала осуществляется посредством специальных алгоритмов по анализу матрицы ультразвукового сигнала.

Разработан метод и адаптивное математическое, программное, алгоритмическое и информационное обеспечение обнаружения внутренних нарушений на основе гистограммных методов непараметрической классификации, методов оптимальной фильтрации и т. д., включающие разработку признаков нарушений сплошности на основе экспериментальных статистических исследований. Разработан метод фильтрации выявленных дефектных областей (объединения, разделения, исключения и т. п.) на основе геометрических критериев\*.

Разработанный метод является объективным, универсальным и единым для различных пользователей (различных предприятий).

Основными параметрами при анализе являются:

- пороговое значение сигнала;
- расстояние для объединения единичных дефектов — максимальное расстояние между двумя единичными дефектами (минимальный дискретный элемент дефектограммы), при котором оба дефекта объединяются в один;
- «не учитывать единичные дефекты менее» — максимальная площадь единичного локализованного дефекта, при которой он не рассматривается как существенный и информация о нем не выводится. Однако общая площадь таких неучтенных дефектов выводится в конце отчета о результате анализа.

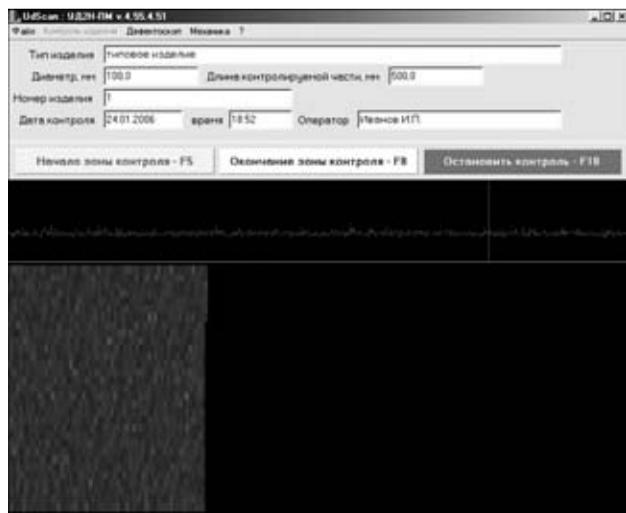


Рис. 5. Главное окно в режиме контроля

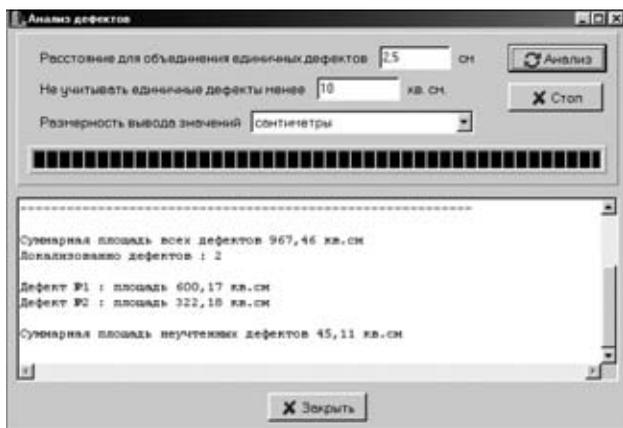


Рис. 6. Окно обработки результатов контроля

\* См. сноску на с. 25

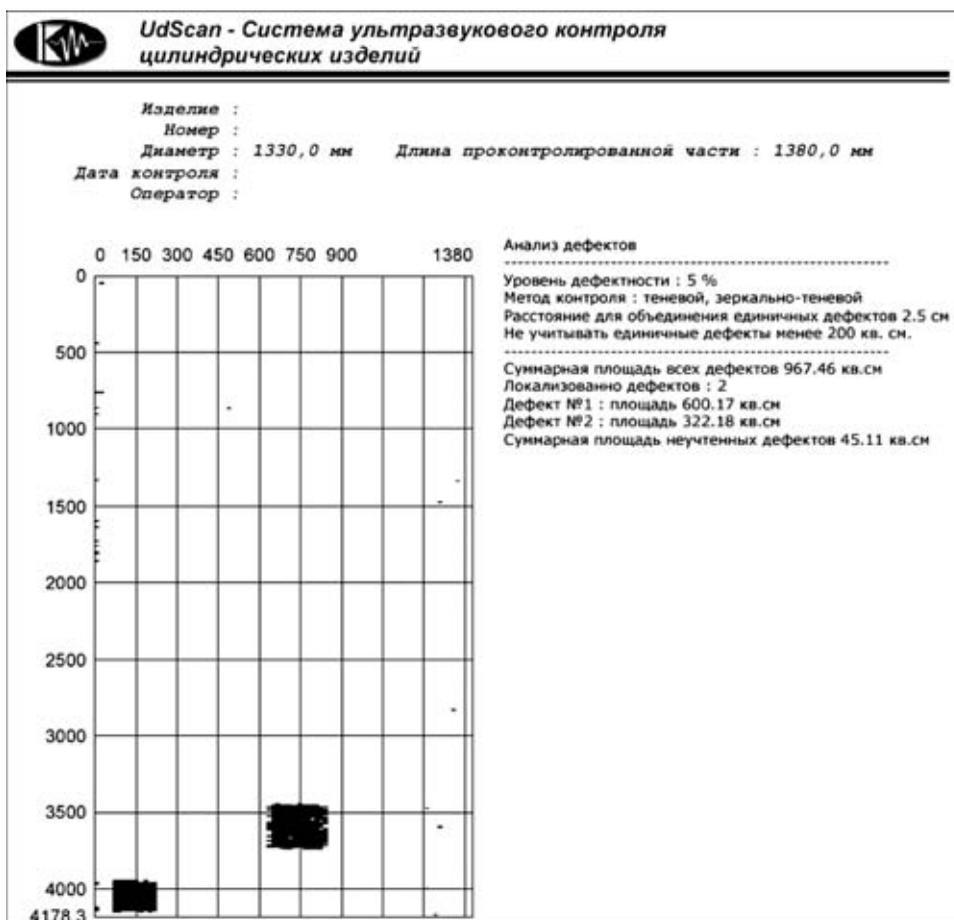


Рис. 7. Дефектограмма изделия

## Выводы

Разработан стенд для автоматизированной ультразвуковой дефектоскопии сложнопрофильных изделий из полимерных материалов, а также адаптивное математическое, программное, алгоритмическое и информационное обеспечение обнаружения внутренних нарушений на основе гистог-

раммных методов непараметрической классификации, методов оптимальной фильтрации и т. д., включающие разработку признаков нарушений сплошности на основе экспериментальных статистических исследований. Представленные технические и методические средства являются объективными, универсальными и едиными для различных пользователей (различных предприятий).

Поступила в редакцию  
23.04.2011

## Уважаемые авторы!

Редакция обращается к Вам с просьбой при подготовке статей учитывать требования Постановления Президиума Высшей аттестационной комиссии (ВАК) Украины от 15.01.2003 г. № 7-05/1 «О повышении требований к специальным изданиям, внесенным в перечень ВАК Украины», в соответствии с которым статья должна содержать такие необходимые элементы, как:

- ◇ постановка проблемы в обобщенном виде и ее связь с важными научными или практическими задачами;
- ◇ анализ последних исследований и публикаций, в которых начато решение данной проблемы и на которые опираются авторы, выделение нерешенных ранее частей общей проблемы, которым посвящена данная статья;
- ◇ формулировка целей статьи (постановка задания);
- ◇ изложение основного материала исследования с полным обоснованием полученных научных результатов;
- ◇ выводы по данному исследованию и перспективы дальнейшего развития данного направления.