

*Remote scanning of internal cavities broadens the fields of practical application of optical defectoscopy and diagnostics of state of expanded articles of variable cross-sections with automatic optical system control and optoelectronic processing of video picture.*

Д. А. ГОРБУНОВ, П. И. МАРКОВ, Л. П. МАЛЯВКО,  
ГУ ВПО «Белорусско-Российский университет», Могилев

УДК 621:620.197.5

## ДИСТАНЦИОННАЯ ДЕФЕКТОСКОПИЯ ВНУТРЕННИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ ТРУБ

Ресурс работы и надежность технических средств определяются дефектами изготовления, конструкцией, материалами и технологиями. По результатам статистических исследований устанавливаются наиболее вероятные виды дефектов, их параметры и места расположения. Однако для участков (зон) с ограниченным доступом (традиционными средствами) получение статистических данных связано с разрушением изделий по интересующим технологам плоскостям (осям). Применение рентгеновских методов неразрушающего контроля, как наиболее эффективных, ограничивается уровнем методического и аппаратного обеспечения, а также радиационного воздействия на оператора. Низкой коммуникабельностью и сложностью технологий отличаются акустические и капиллярные методы [1].

В соответствии с ГОСТ 19200-80 в технологическом контроле изделий литейного производства наиболее трудоемким и ответственным является визуальный осмотр. Такому виду контроля подвергается вся продукция. Если для осмотра наружных поверхностей можно применить традиционные средства увеличения изображений, то их применимость резко ограничена для осмотра внутренних поверхностей. Выявляемость поверхностных отклонений оптическими методами в 4 раза превышает возможности рентгеновских и более чем в 2 раза акустических и капиллярных методов и средств. По группе дефектов несоответствия по геометрическим параметрам оптические методы также отличаются хорошей выявляемостью, хотя и уступают рентгеновским и акустическим [2, 3].

Особую проблему представляет визуальный осмотр внутренних поверхностей протяженных изделий в виде труб переменных сечений и профилей. Переходы от круглых участков к овальным, с перфорацией, к форме в виде капли представляют определенную сложность длястройки оптической системы визуализации, изменяющихся по параметрам и форме поверхнос-

тей. Применимость оптических разведчиков внутренних полостей и технических эндоскопов ограничена габаритными размерами протяженных объектов и сложностью работы с ними. Попытка использования различной технологической оснастки для рационализации работы операторов (контролеров) с оптическими приборами контроля внутренних поверхностей таких специфических изделий не дала положительного эффекта.

В современном неразрушающем контроле излучения различной физической природы отличаются эксплуатационными и эргономическими особенностями. Пространственно-временная изменчивость оптической информации обеспечивает ее преимущественное применение при выборе способов и схем реализации информационных процессов внутривидения закрытых поверхностей [4, 5].

Под определенным спектрально-энергетическим воздействием в отраженном и рассеянном оптическом излучении отражаются характерные особенности отклонений визуализируемой поверхности. Задача оптической системы состоит в том, чтобы воспринять контрастное изображение, локализовать имеющееся отклонение (нарушение) и передать сформированное изображение потребителю для непосредственного восприятия.

Адекватность отражения и реального состояния осматриваемой зоны в передаваемом изображении определяется структурой оптической системы, воздействием помех (искажений) и схемой обзора. При прямом обзоре наблюдатель воспринимает панорамное изображение. В ходе осмотра он перемещает приемник изображения в пространственных координатах и одновременно воспринимает ближние и дальние участки поверхности и может всесторонне осматривать контролируемую зону (участок) протяженного объекта. В системах прямого обзора предъявляются повышенные требования по разрешающей способности, так как на приемнике изображения сосредотачивается большой объем информации, что ог-

раничивается информационными возможностями оптического канала. При боковом обзоре сужается зона осмотра в фиксированном положении приемника изображения. Таким путем обеспечивается детальное обследование каждого элементарного участка поверхности, что создает дополнительные преимущества оптической дефектоскопии, особенно при наличии различных переходов, выступов и “мертвых” (не просматриваемых) зон.

За счет элементов геометрической оптики строятся системы визуализации с комбинированным образом. Сменные или управляемые боковые отражатели дополняют оптическую систему прямого обзора. Тогда при обнаружении некоторого отклонения путем прямого панорамного обзора детализированное изображение интересующего участка рассматривается через приемник бокового обзора.

Особенно перспективна оптическая эндоскопия для контроля дефектов внутренних поверхностей протяженных труб и объектов с полостями переменных сечений. Для своевременного выявления отклонений в процессе эксплуатации в технологическом процессе при производстве и проведении ремонтных работ необходима оперативная первичная информация о состоянии труднодоступных участков.

Для осмотра объективная часть (рис. 1) вводится в трубу и посредством двух групп подпружиненных роликовых опор центрируется в исследуемой полости. С помощью роликов 1, 2, пасика 3 и шкива 4 вращение двигателя 6 с редуктором 5 передается на ведущий ролик первой группы опор, способствуя перемещению дистального конца эндоскопа вдоль трубы.

На валу электродвигателя установлен отражатель 7, обеспечивающий непрерывное сканирование поверхности при перемещении эндоскопа и передачу воспринимаемого через защитное стекло 8 изображения на объектив 9 системы формирования цифрового видеоизображения. Цифровой сигнал видеоизображения по кабелю 10 передается на персональный компьютер. Конец рычага 12, где установлен один из роликов 11 второй группы опор, выполнен в виде кулачка 13, посредством которого рычаг непрерывно воздействует на оправку объектива и обеспечивает постоянство фокусировки изображения исследуемого участка трубы независимо от изменения ее диаметра. Требуемая освещенность обеспечивается по световодам 14, связанными с источником излучения.

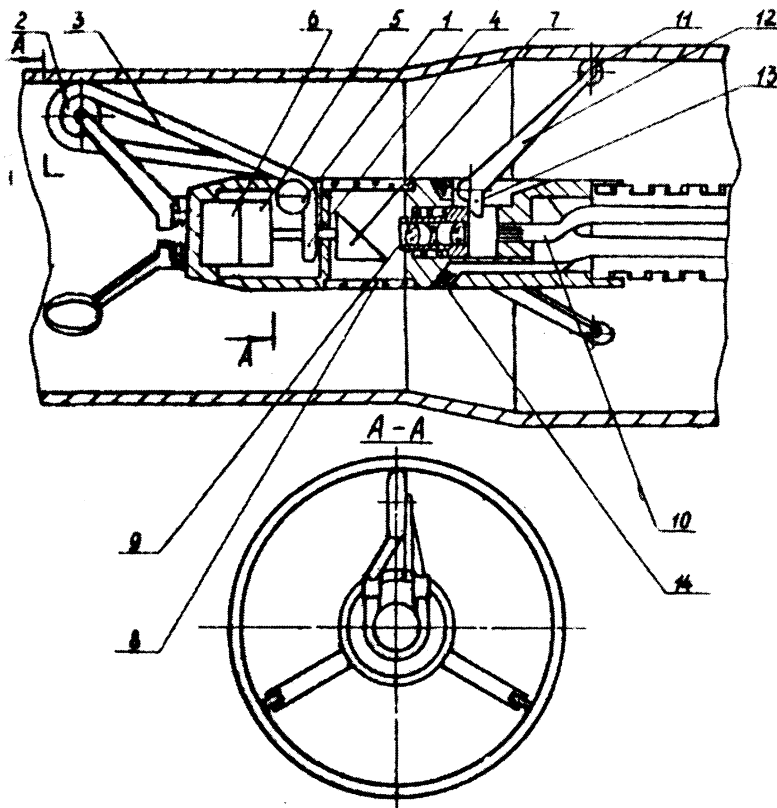


Рис. 1. Схема эндоскопа со сканированием

Система формирования видеоизображения (рис. 2) реализована на базе КМОП-сенсора 2, видимое изображение на который проецируется через объектив 1. В аналого-цифровом преобразователе 3 (АЦП) аналоговые сигналы светочувствительного сенсора выдаются в цифровом коде, который подается на систему формирования цветного изображения 4. Видеоданные поступают в компьютер через интерфейс USB. С учетом этого на выходе системы предусматривается контроллер USB-интерфейса 6. Из-за низкой пропускной способности USB 1.1 (всего 12 Мбит/с, из которых камера использует не более 8 Мбит/с) перед передачей в компьютер данные сжимаются в блоке (модуле) компрессии данных 5.

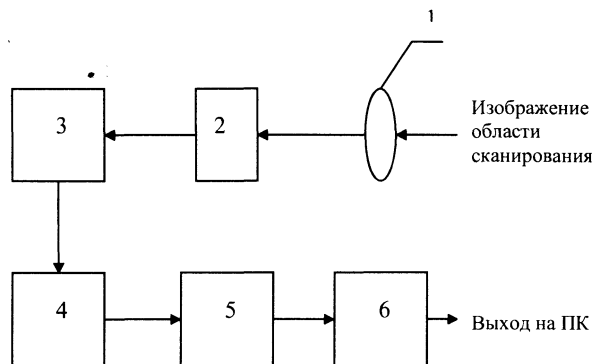


Рис. 2. Структурная схема формирования видеоизображения

Рассмотренная система дефектоскопии позволяет автоматически регулировать резкость объективной части за счет обратной связи при изменении сечения и формы изделия. Вывод видеоизображения исследуемого участка в цифровом виде позволяет оператору не только визуально наблюдать четкую картину на экране монитора в ручном режиме сканирования, но также вести обработку сканируемого изображения средствами специализированного программного обеспечения персонального компьютера. При этом имеется возможность производить сканирование поверхности в автоматическом режиме. За счет этого

увеличиваются скорость операционного контроля, производительность и достоверность.

#### Литература

1. Ключев В.В. Неразрушающий контроль и диагностика: Справ./ В.В. Ключев, В.Н. Филиппов и др. М.: Машиностроение, 1995.
2. Прохоренко П.П. Достижения физики неразрушающего контроля: Сб. науч. тр., посвященный 40-летию Института прикладной физики. Мн., 2003.
3. Ощепков П.К., Меркулов А.П. Интроскопия. М.: Знание, 1967.
4. Строков В.А., Кеткович А.А. Оптические методы и средства дефектоскопии. М.: ЦНИИТЭНиП, 1978.
5. Плетнев С.В. Волоконно-оптические методы и средства дефектоскопии: науч.-метод. справ. пособ. / С.В. Плетнев, А.И. Потапов, А.П. Марков. СПб.: Лита, 2001.