

## ЭКОНОМИЧЕСКИЙ ЭФФЕКТ ОТ ПРИМЕНЕНИЯ СИСТЕМ ЦИФРОВОЙ РАДИОГРАФИИ В ТРУБОПРОВОДНОМ ТРАНСПОРТЕ

А.Ф. Бархатов, аспирант, А.С. Зайковская, студент  
Национальный исследовательский Томский политехнический университет,  
г. Томск, Россия  
zaikovskaya.anastasia@gmail.com

В трубопроводном транспорте для контроля качества монтажных сварных швов (СШ) применяют целую совокупность взаимно дополняющих друг друга методов неразрушающего контроля (НК): визуальный и измерительный контроль (ВИК), радиографический контроль (РК) и ультразвуковой контроль (УК). Основным физическим методом контроля качества монтажных СШ магистральных трубопроводов (МТ) является РК, а УК дублирующий.

В последнее время на Российском рынке появился широкий спектр оборудования для УК, позволяющих определять геометрические параметры дефектов и обнаруживать в СШ трещины, несплавления, неметаллические включения – дефекты свойственные автоматической сварке. В связи, с чем вопреки требованиям нормативной документации (НД) [1] при строительстве многих крупных МТ стали снижаться объемы РК из-за низкой производительности метода в сравнении с УК с применением автоматизированных ультразвуковых комплексов (АУК). На сегодняшний день, наметилась тенденция противников РК к исключению этого метода контроля из основных физических, и перевод его в дублирующие.

Современные АУК применяемые в трубопроводном строительстве работают по методу отражения (эхо-метод) и позволяют контролировать до 90 стыков  $\text{Ø}1220 \times 14,3$  мм в смену (в 1,5 раз выше, чем РК с применением самоходных внутритрубных кроулеров). АУК имеют высокую чувствительность 1..2 %, мобильную аппаратуру, не требует дорогостоящих расходных материалов, безопасно для персонала и позволяет получать результат непосредственно после проведения операций по контролю СШ. Однако УК не обладает такой же наглядностью, как радиографический снимок. Также все поставляемые в РФ АУК зарубежного производства, что накладывает дополнительные сложности и затраты связанные с обучением персонала, а также сложным техническим обслуживанием АУК.

На сегодняшний день для обеспечения качественного и оперативного НК МТ большой научный и практический интерес представляет определение и выбор наиболее точного и экономически оправданного основного физического метода НК СШ МТ.

В практике РК СШ МТ существует две схемы просвечивания СШ: панорамная (рис. 1) и фронтальная (рис. 2). При панорамной схеме для просвечивания используют самоходные внутритрубные самоходные кроулеры, которые запасовываются внутрь МТ и передвигаются от стыка к стыку. При такой схеме просвечивания СШ обеспечивается высокая производительность РК. Однако при использовании кроулеров предъявляются высокие требования к внутренней поверхности МТ (отсутствием препятствий, посторонних предметов, воды или наледи и т.д). Кроулеры применяются для контроля участков МТ ограниченной длины из-за ограниченной емкости аккумуляторных батарей и сложностью их передвижения на участках проложенного под наклоном превышающими  $30^\circ$  трубопровода.

Фронтальная схема просвечивания СШ применяется для тех стыков, доступ изнутри трубы, к которым не возможен. Данная схема просвечивания через две стенки МТ выполняется за три, и более установки источника ионизирующего излучения (ИИ), что увеличивает время проведения контроля и требований к контролю такого рода СШ.

В качестве детекторов при РК применяют рентгеновскую пленку или фосфорные (люминофорные) запоминающие пластины [1].

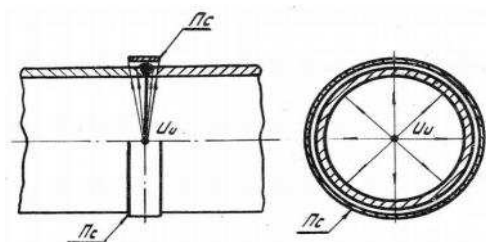


Рисунок 1. Схема панорамного просвечивания изнутри трубы за одну установку источника излучения [1]

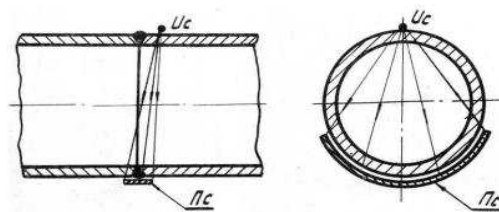


Рисунок 2. Схема фронтального просвечивания через две стенки [1]

К недостаткам РК при использовании радиографической пленки можно отнести:

- необходимость наличия помещений с неактивным светом для проведения операций по фотохимической обработке пленки и операций по зарядке кассет;
- трудоемкость и большие затраты времени на обработку пленки (проявление, закрепление, промывка, сушка);
- необходимость хранения пленки в твердой копии в специальных помещениях;
- высокая стоимость РК на пленку, так в соответствии с [2, 3] 80 % затрат на РК связаны с рабочим временем персонала и расходными материалами;
- необходимость применения и утилизации химических реактивов;
- малая оперативность контроля: продолжительное время между проведением контроля и получением его результатов.

Недостатки фосфорных запоминающих пластин:

- высокие требования к условиям эксплуатации фосфорных пластин;
- необходимость оцифровки фосфорных пластин после каждой экспозиции;
- высокая стоимость фосфорных запоминающих пластин и оборудования для их оцифровки;
- высокая чувствительность запоминающих пластин к механическим повреждениям;
- наличие лаборатории для оцифровки фосфорных пластин.

Существует также, не обозначенная в [1] технология РК СШ с использованием плоскопанельных детекторов, которые позволяют за считанные секунды получить цифровой радиографических снимок на экране компьютера высокого качества при просвечивании по фронтальной схеме просвечивания. Недостатки системы:

- малый размер активной области плоскопанельных детекторов при экспонировании кольцевых СШ, что увеличивает количество экспозиций;
- остаточное свечение проэкспонированных участков, которые сказываются на качестве изображений;
- высокая стоимость.

Применяемые на сегодняшний день в трубопроводном транспорте методы РК с использованием пленочной технологии, фосфорных пластин и плоскопанельных детекторов при фронтальной схеме просвечивания не обеспечивают столь же высокие темпы НК СШ, как АУК. Так существующие технологии РК не обеспечивают оперативной связи со сварщиком, присутствует субъективность при расшифровке результатов и выбраковке стыков, на расшифровку результатов затрачивается много времени. Из-за большой трудоемкости при работе с пленкой, большого количества штатного персонала при РК, этот метод является одной из самых дорогих статей расходов при строительстве МТ (от 2 – 4 % от сметной стоимости строительства МТ).

Сравнение затрат на проведение контроля СШ МТ методом УЗ с использованием АУК и РК с использованием пленочной технологии, фосфорных запоминающих пластин и цифровой радиографии представлено в табл.1. Полученные расчетные результаты

свидетельствуют, о том, что складывается две противоречивые ситуации, с одной стороны, несмотря на все свои достоинства АУК остаются все равно не оправдано дорогими, и сравнение стоимости НК СШ МТ на протяженном участке в 100, 200, 300 км свидетельствует, о том, что стоимость РК с применением фосфорных пластин является наиболее дешевым, с другой стороны АУК является более производительным, что увеличивает темпы строительства МТ. Учитывая сложившуюся ситуацию необходима новая альтернативная технология, которая позволит совместить в себе дешевизну РК и производительность, и высокий уровень автоматизации АУК.

Путем решения проблемы повышения производительности НК СШ является применение методов цифровой радиографии (ЦР), которые в режиме реального времени позволяют проводить контроль СШ. Применение методов ЦР в трубопроводном транспорте сдерживается отсутствием подготовленного персонала и соответствующих комплексов для контроля качества СШ МТ, а также НД.

Система ЦР позволяет преобразовывать рентгеновское излучение в изображение СШ на экране монитора в режиме реального времени, что существенно повышает производительность и оперативность РК. Принцип действия основан на преобразовании проходящего ИИ через контролируемый СШ детектором ИИ, последующей цифровой обработке и отображении на экране монитора СШ МТ.

Цена комплекса ЦР не превышает стоимость технологии РК с фосфорными пластинами, при производительности в 10...15 раз выше (с учетом обработки полученных результатов), чем при применении рентгеновской пленки. Комплекс ЦР обеспечивают минимальную стоимость контроля одного сварного шва в соответствии с табл. 1 и производительность контроля сопоставимую с АУК. Разрабатываемые комплексы ЦР в ТПУ превосходят поставляемый в РФ GW-4 и лишены его недостатков, причем цена комплексов цифровой радиографии не превышает стоимость технологии радиографии с фосфорными пластинами.

Таким образом, методы цифровой радиографии обеспечивают максимальные темпы и минимальную стоимость контроля одного шва из всех существующих физических методов. По производительности цифровая радиография не уступает дорогостоящим иностранным АУК при цифровой расшифровке результатов контроля. Внедрение в практику эксплуатации цифровой радиографии позволит снизить затраты на обработку пленки, фосфорных пластин, штатную численность персонала связанного с радиографическим контролем и обеспечит максимальные темпы строительства, реконструкции и капитального ремонта МТ за счет оперативности неразрушающего контроля.

#### **Список литературы:**

1. РД 19.100.00-КТН-001-10 Неразрушающий контроль сварных соединений при строительстве и ремонте магистральных трубопроводов
2. ГЭСН 81-02-25-2001 Государственные элементные сметные нормы на строительные работы. Сборник № 25 Магистральные и промысловые трубопроводы
3. ФЕР 2001-25 Федеральные единичные расценки на строительные работы. Сборник 25. Магистральные трубопроводы газонефтепродуктов.