

РЕНТГЕНОВСКИЕ ИНТРОСКОПЫ ДЛЯ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ ПЛЕТЕЙ ТРУБ НА СВАРОЧНЫХ БАЗАХ

Д. И. СВИРЯКИН, А. А. СОЛОДОВНИКОВ,
А. Д. МАКСИМЕНКО, В. П. КАРГИН, С. В. АВРААМОВ,
В. Ф. УЛАНОВСКИЙ

(Представлена научным семинаром НИИ ЭИ)

Одним из слабых мест в технологическом процессе строительства грубопроводов остается контроль качества сварных соединений, выполненных полуавтоматической и потолочной сваркой. Из-за сложности и высокой стоимости операций контроля в настоящее время проверяется качество только 10—20% общего количества сварных швов. Нефтепровод Александровское — Томск — Анжеро-Судженск и Томский водовод в этом плане тоже не представляют исключения. В связи с этим в НИИ электронной интроскопии при ТПИ были проведены исследования нескольких вариантов рентгеновских интроскопов и один из них в виде макетного образца прошел полевые испытания в зимних условиях на сварочной базе при строительстве нефтепровода Усть-Балык — Уфа — Альметьевск — Омск на трубах диаметром 1220 мм. Во всех исследованных вариантах просвечивание труб производилось через одну стенку при размещении рентгеновских аппаратов (РУП-200-5, Пикер-Андрекс) внутри трубы, а приемника излучения — снаружи.

В одном из интроскопов в качестве приемника излучения и канала передачи информации использовались рентгеновский электронно-оптический преобразователь РУ-135, объектив Ю-3, зеркало с внешней отражающей поверхностью, поставленной под углом 45° к оптической оси объектива, полевая линза и призматический бинокулярный расщепитель изображения с тубусом. На рис. 1 представлена фотография этого приемника излучения. Он закреплен на штативе и расположен над отрезком трубы с кольцевым швом, который подвергался просвечиванию. Эта фотография иллюстрирует и геометрию просвечивания. Аппарат РУП-200-5 вместе с транспортирующей тележкой размещен по центру внутри трубы и закреплен против шва с помощью специальных шарнирных распорных устройств. Балансиры-противовесы, установленные на аппарате РУП-200-5, при вращении трубы удерживают последний все время в одном положении, т. е. в данном случае выходным окном вверх. Торцовый вращатель, просматривающийся на заднем плане, обеспечивает равномерное, регулируемое по скорости вращение трубы при контроле качества кольцевого шва. Радиационной защитой служит специальная кабина со свинцовой облицовкой, внутрь которой проходит оптика переноса изображения и где расположено рабочее место оператора с пультом управления — интроскопом. На фотографии кабина отсутствует.

Такой интроскоп предельно прост по схеме и в эксплуатации и обладает высокой надежностью, однако может обеспечить передачу толь-

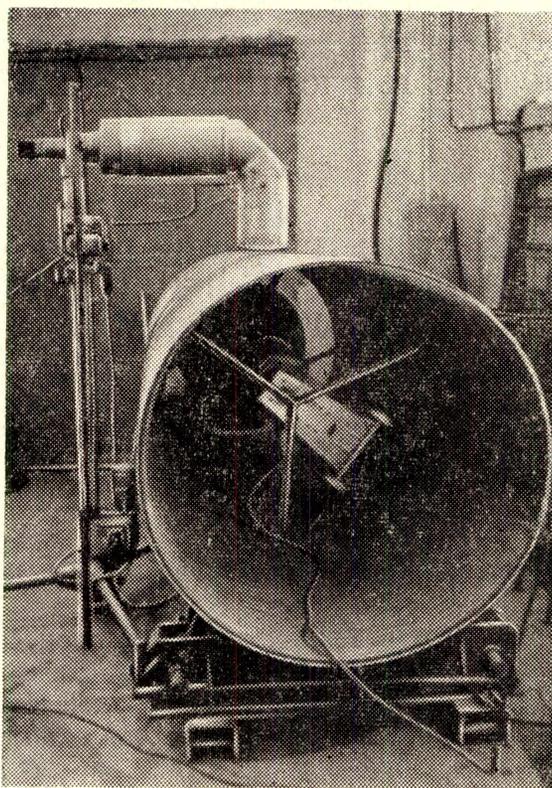


Рис. 1. Макет рентгеновского электронно-оптического трубного интроскопа

ко 3—4 яркостных градаций изображения и контрастную чувствительность по ГОСТ 7512—69 порядка 5—6% при толщине стенки стальной трубы 14—18 мм. Он может использоваться на сварочных базах для контроля сварных соединений при сварке труб в плети, на трубных заводах для контроля продольных швов при производстве труб большого диаметра, т. е. в стационарных условиях, когда нет необходимости менять пространственное положение приемника излучения.

В другой схеме интроскопа преобразователем пространственно-модулированного потока рентгеновского излучения в видимое изображение также является прибор РУ-135, но для передачи информации к видеоконтрольному устройству (ВКУ), расположенному перед оператором, служит телевизионный канал установки ПТУ-27 с видиконом ЛИ-421 в передающей камере. Теневое рентгеновское изображение с выходного экрана РУ-135 на фотомишень видикона передается двумя обратно состыкованными объективами Ю-3, благодаря чему расстояние «экран—мишень» удалось сократить до 130—140 мм, что обусловило сравнительно небольшие габаритные размеры всего приемника излучения. На фотографии, представленной на рис. 2, дан общий вид макета такого интроскопа. Источником излучения, как и ранее, является аппарат РУП-200-5, расположенный внутри трубы. Геометрия просвечивания осталась прежней. Над трубой с помощью стойки с кронштейном закреплен приемник излучения, соединенный многожильным кабелем с видеоконтрольным устройством ВКУ, установленным на подставке. В этом интроскопе нет необходимости располагать оператора рядом с контролируемой трубой, следовательно, отпадает необходимость и в применении специальной защитной кабины. Так как оператор может быть удален от зоны просвечивания на расстояние, необходимое для снижения мощности дозы рентгеновского излучения до допустимой величины, то U длина кабеля между приемником излучения и ВКУ определяется требованиями-

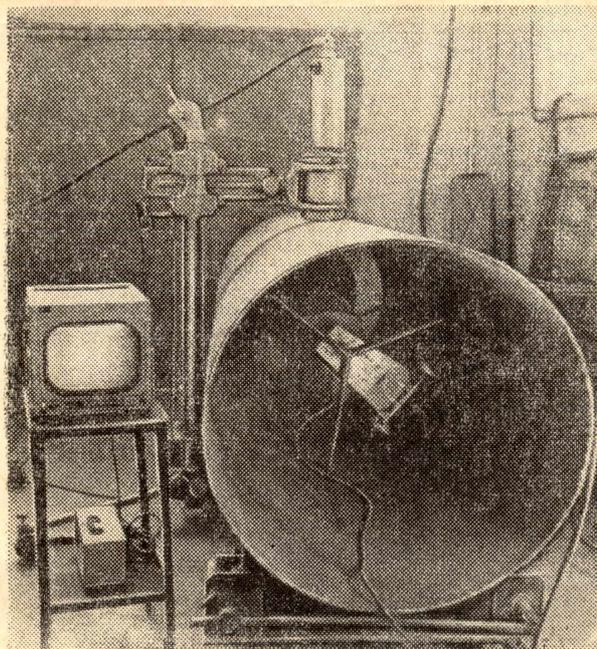


Рис. 2. Макет электронно-оптического телевизионного трубного интроскопа

ми «защиты расстоянием», т. е. лежит в пределах 25—40 м. Более сложная схема и конструкция данного интроскопа обусловили и более низкую, по сравнению с ранее описанным интроскопом, надежность работы, но вместе с тем этот интроскоп обеспечивает и лучшую контрастную чувствительность, равную 3—4% при числе передаваемых яркостных градаций изображения 5—6. Кроме того, он обладает некоторой универсальностью, так как может применяться как для контроля швов, выполненных поворотной полуавтоматической сваркой, так и для контроля швов, выполненных потолочной сваркой при соединении плетей труб в «нитку» на трассах трубопроводов, когда источник и приемник излучения необходимо вращать вокруг трубы, а просвечивание производить через две стенки.

Для обеспечения мобильности и осуществления оперативного экспресс-контроля интроскопы могут быть смонтированы на специально оборудованных автомашинах или автоприцепах. Но комплектование таких интроскопов рентгеновскими аппаратами встречает серьезные трудности, связанные с конструктивным оформлением и характеристиками последних. Наиболее подходящим был бы аппарат моноблочной конструкции без высоковольтных кабелей, подводящих высокое напряжение к рентгеновской трубке, с энергией излучения 350—400 КэВ, мощностью дозы 150—200 р/мин на расстоянии 500 мм от анода, сравнительно небольшими габаритами и весом моноблока не более 200—250 кг. Интроскоп с таким аппаратом, выполненный по описанной выше схеме, обеспечил бы просвечиванием сварных швов через две стенки как на плетях труб, изготовленных на сварочных базах, так и на трубах, сваренных в «нитку» непосредственно на трассах строящихся трубопроводов. К сожалению, такие рентгеновские аппараты в настоящее время промышленностью не выпускаются. Поэтому основное внимание было уделено разработке стендовых вариантов рентгеновского электронно-оптического телевизионного интроскопа (ТРИТ-1, ТРИТ-2), предназначенных для контроля качества сварных стыков на сварочных базах.

Функциональная схема такого интроскопа представлена на рис. 3. Здесь цифрой 1 обозначен аппарат РУП-200-5, установленный на само-

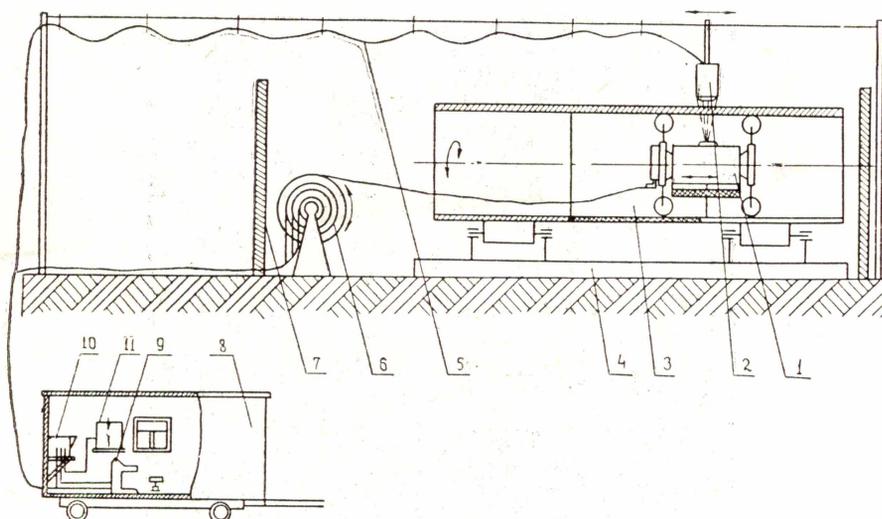


Рис. 3. Функциональная схема электронно-оптического телевизионного трубного интроскопа

ходной тележке и снабженный противовесом, удерживающим его при радиальном вращении плети в одном и том же положении; 2 — приемник излучения, подвешенный на трассе и устанавливаемый оператором против контролируемого шва; 3 — трубная плеть, сварные стыки которой подвергаются просвечиванию; 4 — кантователь, снабженный электроприводом для вращения плети во время просвечивания швов; 5 — телевизионный кабель, соединяющий приемник излучения с ВКУ и пультом управления; 6 — барабан с коллекторным устройством для намотки и стравливания кабеля, питающего аппарат РУП-200-5 и тележку с дистанционно управляющим электроприводом для перемещения аппарата внутри трубной плети; 7 — радиационная защита (с обеих сторон), поглощающая рассеянное излучение, выходящее из открытых торцов плети; 8 — вагон-лаборатория, где находится рабочее место оператора и размещен пульт управления 9 — видеоконтрольное устройство с блоком аппаратного анализа видеoinформации 10 и устройство автоматической записи на диаграммную ленту результатов аппаратного анализа 11.

Введение в систему интроскопа блока аппаратного анализа видеoinформации и устройства автоматической записи результатов анализа позволило повысить локальную дефектоскопическую чувствительность интроскопа до $0,5 \div 0,7\%$ от толщины контролируемого стыка и обеспечило контрольно-испытательную службу объективным документом в виде дефектограммы сварного шва, представляющей результат анализа плотности материала шва по линии (или узкой полосе), избранной оператором.

Рассмотренный интроскоп не обеспечивает полной автоматизации операций контроля и оператору приходится вручную выставлять приемник излучения против контролируемого стыка, а затем, включив с пульта рентгеновский аппарат и пользуясь дистанционно управляемой самоходной тележкой, наводит источник излучения на стык, подлежащий просвечиванию, и входное окно приемника излучения, проверяя точность наведения по изображению на экране ВКУ. Это заметно снижает производительность труда оператора-дефектоскописта и уменьшает экономический эффект от внедрения установки. Поэтому усилия коллектива разработчиков направлены не только на дальнейшее улучшение характеристик источника и приемника излучения, канала передачи и бло-

ков обработки информации, но и на усовершенствование конструкции всего комплекса и полную механизацию и автоматизацию операций контроля.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ф. Эккарт. Электронно-оптические преобразователи изображений и усилители рентгеновского изображения. Госэнергоиздат, 1961.
 2. С. В. Румянцев. Радиационная дефектоскопия. Атомиздат, 1968.
 3. Ф. Н. Хараджа. Общий курс рентгентехники. «Энергия», 1966.
 4. «Неразрушающие испытания». Справочник. Под ред. Р. Мак-Мастера, «Энергия», 1965.
 5. Ч. Г. Постарнак. Применение телевидения в дефектоскопии. 1964.
 6. Телевидение (общий курс), под ред. П. В. Шмакова. «Связь», 1970.
 7. В. А. Добромыслов, С. В. Румянцев. Радиационная интроскопия. Атомиздат, 1972.
-