

**Ультразвуковой контроль ответственных объектов
с необработанными поверхностями с помощью колесных
преобразователей с эластичным протектором**



Марков А.А.
Директор НТК СНК, д.т.н.



Олейник В.Е.
Старший инженер НТК СНК

Для контроля ответственных объектов промышленности предлагается использовать ультразвуковые колесные преобразователи обладающие рядом достоинств по сравнению с датчиками скольжения.

Безопасность ответственных объектов, в наиболее важных для развития страны отраслях промышленности обеспечивается периодической проверкой узлов и деталей с помощью неразрушающих методов контроля.

Самым распространенным методом неразрушающего контроля является ультразвуковой, где ввод ультразвуковых (у.з.) колебаний в объект контроля осуществляется с помощью преобразователей, скользящих по поверхности сканирования, предварительно смоченной контактирующей жидкостью.

Железнодорожный транспорт, в частности, является отраслью, где объем ультразвукового контроля является максимальным.

Неслучаен тот факт, что наибольшее техническое развитие ультразвуковой контроль получил при использовании на железных дорогах. Именно в железнодорожной дефектоскопии возникали и решались такие вопросы как

разработка многоканальных производительных схем прозвучивания (для лучшего выявления различно ориентированных дефектов), а также вопросы обеспечения непрерывной регистрации сигналов контроля и последующего анализа полученных данных; соблюдения стабильного акустического контакта; повышения износостойкости искательных систем.

На железных дорогах России для контроля рельсового пути на наличие внутренних дефектов используются съемные дефектоскопные тележки, вагоны-дефектоскопы, дефектоскопные мотриссы и портативные приборы. Железнодорожные пути, развернутая длина которых составляет около 146 тыс. км, ежемесячно проверяют не менее 2-4 раз. Но несмотря на такой тщательный контроль, все же происходят изломы рельсов.

Применение во всех средствах у.з. контроля на железных дорогах искательных систем, основанных на скольжении преобразователей (рис. 1), обуславливает ряд недостатков, напрямую влияющих на качество контроля.



Рис. 1. Искательная система скольжения, применяемая на съемных дефектоскопах

К таким недостаткам относятся периодические нарушения акустического контакта из-за недостаточного прилегания преобразователей к поверхности сканирования, изменение параметров преобразователей из-за наличия трения и износа преобразователей, способствующие появлению некачественно проконтролированных участков, что в свою очередь ведет к возможным пропускам опасных дефектов и изломам рельсов.

Качество сплошного ультразвукового контроля рельсов зависит, в первую очередь, от наличия стабильного акустического контакта, а также от конструкции акустической системы (искателя), его параметров настройки, состояния поверхности катания рельса, температуры окружающей среды, скорости контроля и т.д. В свою очередь, основным параметром, по которому сегодня можно судить о качестве акустического контакта, а, следовательно, и эффективности проведенного у.з. контроля рельсов, является наличие донного сигнала от подошвы рельса в канале прямых преобразователей (углом ввода 0°).

Проведенный анализ дефектограмм дефектоскопных тележек разных производителей (малые скорости контроля до 5 км/ч), в ходе которого было проанализировано 16457 стыков, показал, что контроль 10-20 % болтовых стыков с качественной на первый взгляд записью не был полноценным. На записях встречались болтовые стыки, где не было прописано первое болтовое отверстие, пропадал донный сигнал (рис. 2).

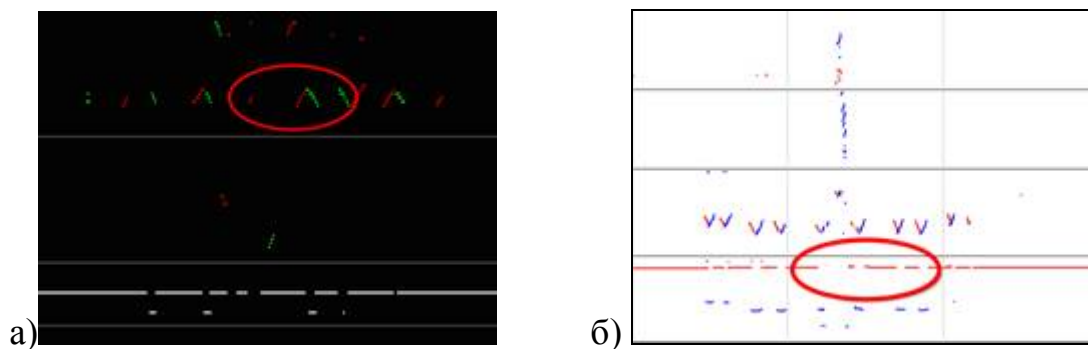


Рис. 2. Неполюценная запись болтового стыка:

а – не прописано первое болтовое отверстие; б – пропадание донного сигнала

Стоит отметить, что анализировались записи, полученные на главных путях, отличающихся прикатанной (в какой-то мере обработанной) поверхностью катания. Неудовлетворительная запись на таких объектах контроля обусловлена различными неровностями поверхности сканирования, которые не может пройти искательная система скольжения.

Предотвратить пропадание акустического контакта и пропуска дефектов может искательная система с колесными преобразователями (рис. 3), основанная не на трении, а на качении по объекту контроля - колесная искательная система или искательная система качения.



Рис. 3. Ультразвуковые колесные преобразователи

Основными преимуществами таких искательных систем являются: лучшее облегание эластичным протектором (оболочки) колесного преобразователя поверхности объекта контроля и нечувствительность к неровностям и коррозии; существенно меньший износ протектора; долговечность пьезопреобразователей; меньший расход контактирующей жидкости.

Искательная система качения позволяет проводить полноценный сплошной контроль без потери акустического контакта, а отсутствие непосредственного контакта акустических преобразователей с рельсами позволяет избежать изменения параметров контроля и реже прибегать к процессу калибровки.

Такая система на основе колесных преобразователей была спроектирована и изготовлена фирмой ОАО «Радиоавионика».

При разработке колесной искательной системы решались следующие задачи:

- **размещение большого количества акустических преобразователей** внутри колесного преобразователя с исключением взаимного влияния и циклических переотражений внутри колесного преобразователя (рис. 4);

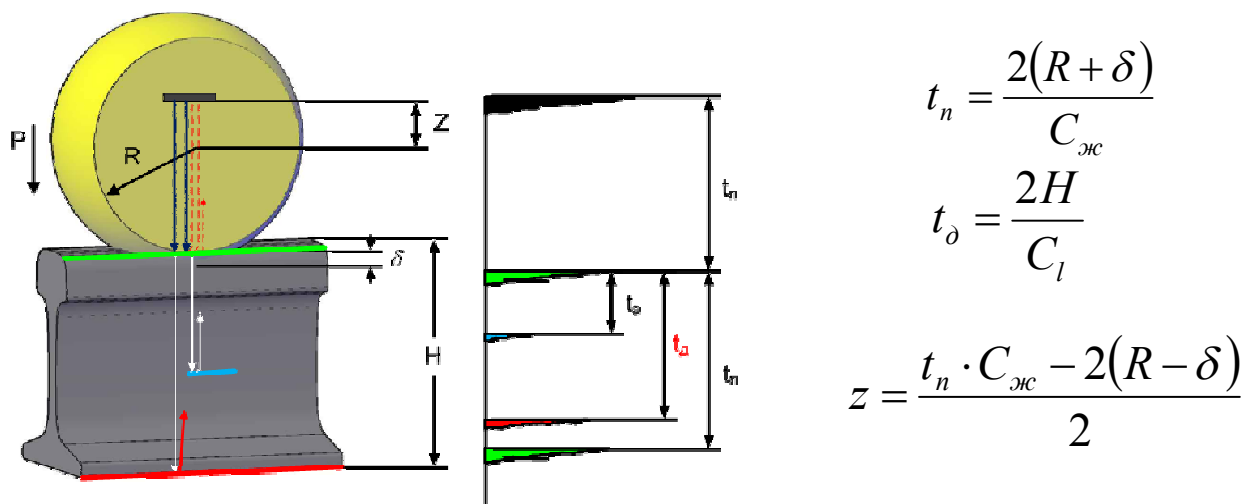


Рис. 4. Расчет положения акустических преобразователей внутри колесного преобразователя

- **подбор материала оболочки**, обладающего хорошей износостойкостью, эластичностью и способностью пропускать у.з. колебания без существенного ослабления;

- **подбор иммерсионной жидкости**, заполняющей внутреннюю полость колесного преобразователя, акустические свойства (рис. 5) которой способствовали стабильности углов ввода ультразвука в объект контроля при изменяющихся температурах окружающей среды (рис. 6). Как видно из графиков, в диапазоне температур окружающей среды от -20 до $+50$ °C при использовании призмы из органического стекла скорость продольной волны изменяется в значительных пределах: от 2820 до 2610 м/с; что при пересчете на углы ввода в сталь составляет более 4° . Для колесного преобразователя с выбранной иммерсионной жидкостью разброс углов ввода составил менее 2° ;

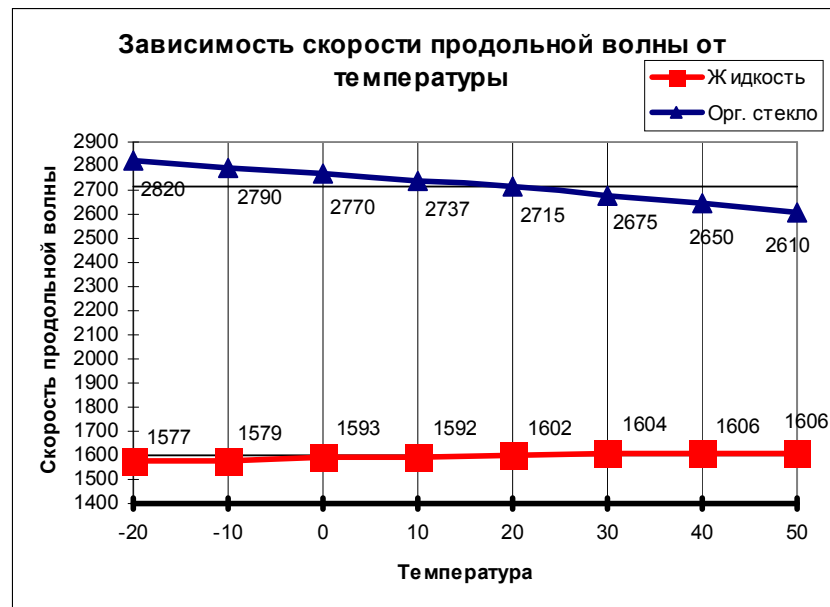


Рис. 5 Зависимости скоростей ультразвуковых продольных волн в органическом стекле и в иммерсионной жидкости от температуры

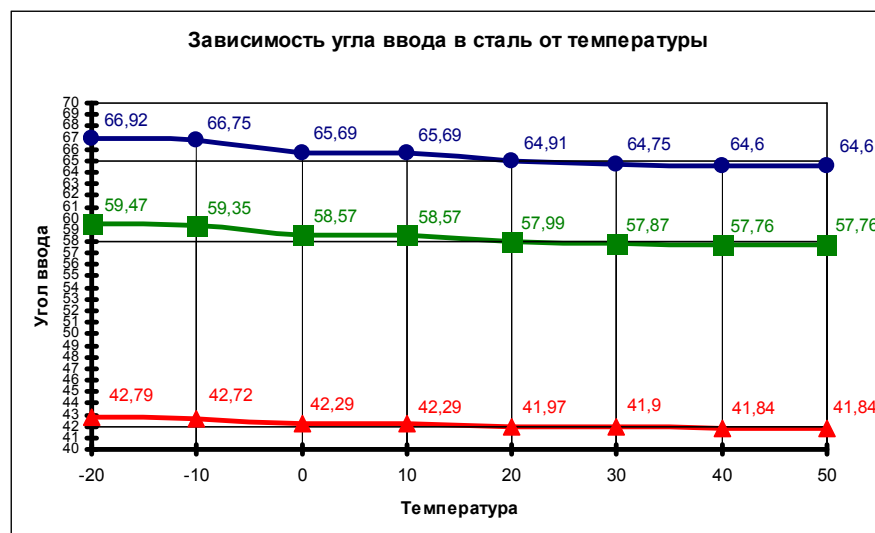


Рис. 6. Зависимость углов ввода в сталь от температуры для колесного преобразователя

- разработка системы точной юстировки искательной системы на объекте контроля (рис. 7);



Рис. 7. Юстировка колесной искательной системы на объекте контроля

- **настройка искательной системы** по эталонному образцу (рис. 8);
- **создание высокопроизводительной электроники и программного обеспечения.**

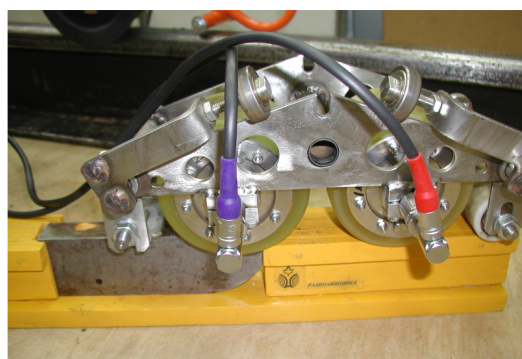


Рис. 8. Настройка колесной искательной системы по образцу СО-ЗР
с помощью специального кондуктора

На основе разработанных искательных систем качения в ОАО «Радио-авионика» изготовлен двухниточный дефектоскоп для сплошного контроля рельсов с регистрацией сигналов со всех каналов во внутреннюю память прибора. В дефектоскопе реализована многоканальная схема прозвучивания (рис. 9), не уступающая по производительности схемам, используемым в дефектоскопах с искательными системами скольжения.

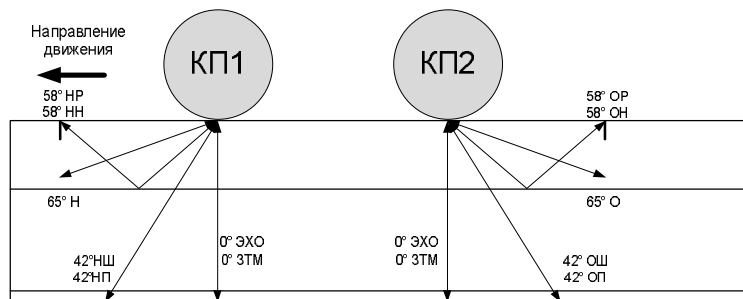


Рис. 9. Схема прозвучивания колесной искательной системы

Дефектоскоп успешно прошел опытную эксплуатацию, в ходе которой операторами были подтверждены преимущества искательных систем качения при контроле рельсов. В дополнение, были отмечены удобное, интуитивно понятное и наглядное программное обеспечение дефектоскопа, позволяющее принимать решение о дефекте непосредственно в пути по экрану, на который выводится либо развертка типа В в реальном масштабе времени (рис. 10, а), либо мнемосхема (рис. 10, б) где схематически показана схема прозвучивания и ход лучей, на которых красной точкой отмечается расположение отражателя в объекте контроля.

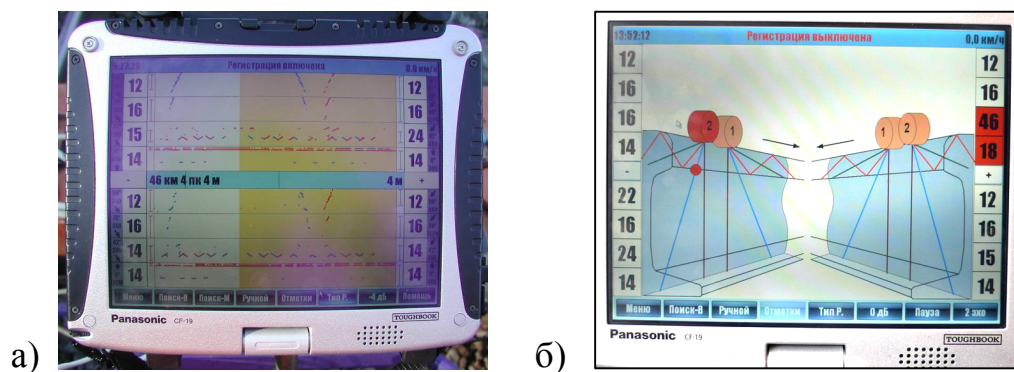


Рис. 10. Вид экрана дефектоскопа с колесными искательными системами: а – режим ПОИСК-В, б – режим ПОИСК-М

Промышленный защищенный ноутбук, который использован в дефектоскопе в качестве вычислителя, позволяет не только отображать информацию при работе на объекте контроля, но также расшифровывать полученную информацию с помощью программы отображения (рис. 11).

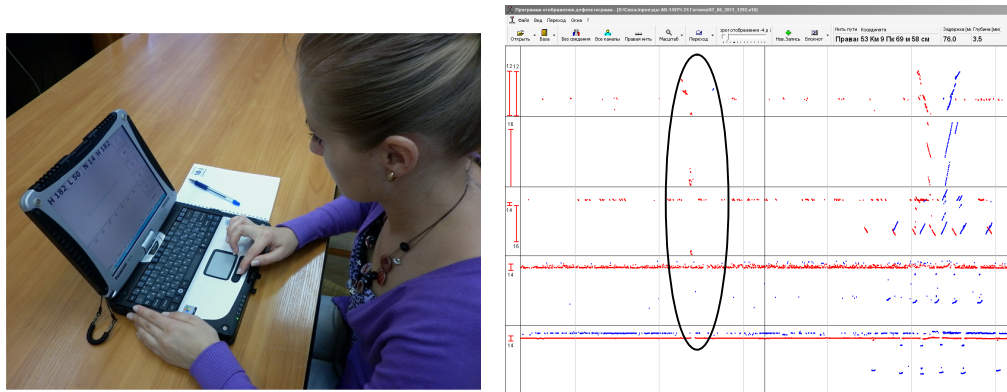


Рис. 11. Расшифровка результатов контроля в программе отображения

Хорошее прилегание оболочек колесных преобразователей к поверхности катания рельсов обеспечивает стабильный акустический контакт и наиболее полную дефектоскопическую запись даже на рельсах, покрытых коррозией.

Именно наличие акустического контакта является главным фактором, позволяющем судить об эффективности проведенного контроля, работоспособности искательной системы.

Положительный опыт применения первых в России искательных систем качения при контроле железнодорожных рельсов можно использовать и при контроле других ответственных объектов, как железнодорожной, так и других отраслей промышленности. К таким объектам контроля можно отнести протяженные стыковые, тавровые и угловые сварные соединения, сварные соединения трубопроводов и другие и металлоконструкции.

Несмотря на появление новых средств автоматизированного контроля сварных соединений, ручной контроль все еще остается преобладающим. Как правило, в практике в основном применяют способ поперечно-продольного, а также способ продольно-поперечного перемещения искателя. Использование колесного многоканального преобразователя может позволить перейти лишь к продольному перемещению вдоль сварного шва (рис.12), что позволит существенно (до 25 раз!) повысить производительность контроля.

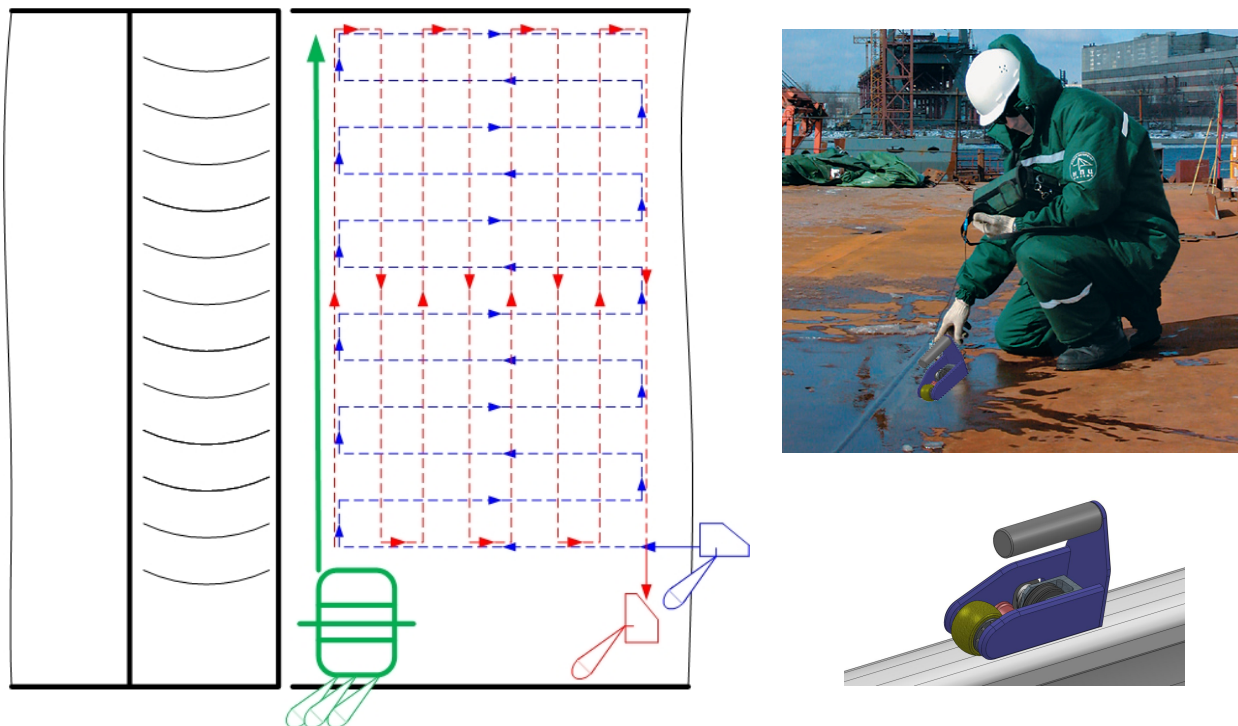


Рис.12. Продольное сканирование протяженного сварного шва
многоканальным колесным преобразователем

Кроме того, многоканальная схема прозвучивания, реализованная в колесном преобразователе, позволит сканировать сварной шов под разными углами за один проход вдоль шва со сплошной регистрацией информации (рис. 13) с координатной привязкой. Причем результаты контроля можно сразу же посмотреть на экране компьютера, выдать заключение, а в последствии еще и распечатать заключение о контроле.

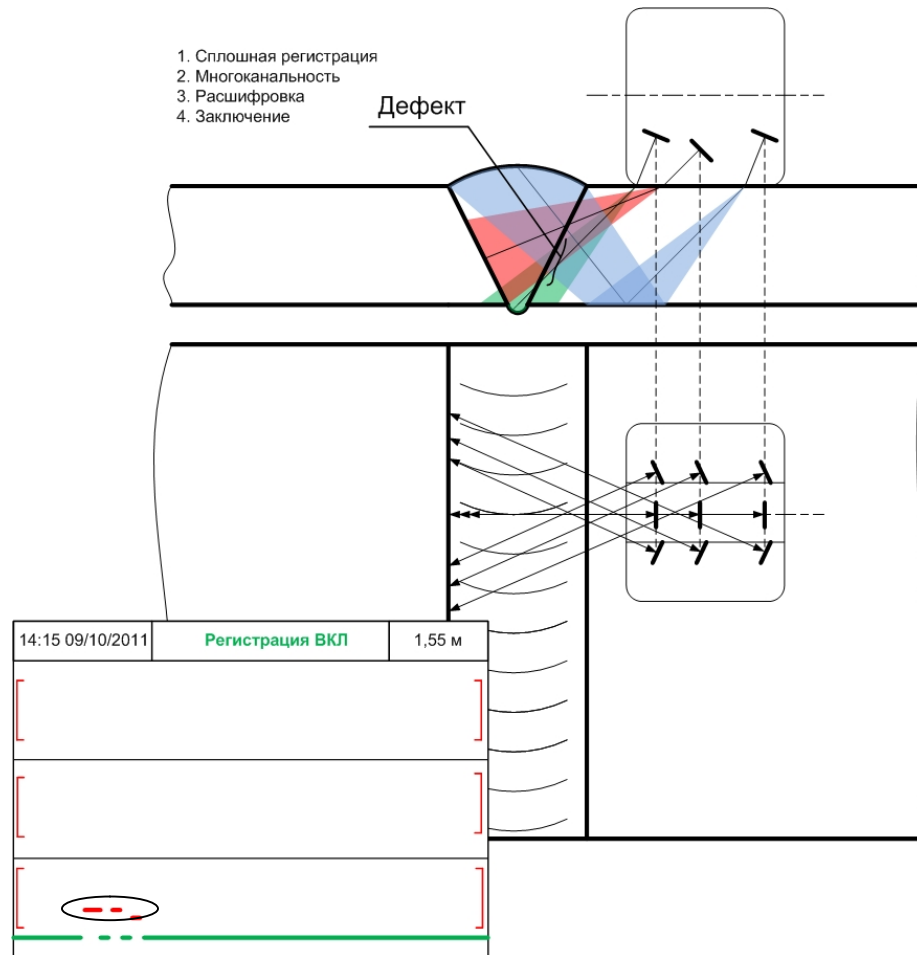


Рис.13. Пример реализации многоканального колесного преобразователя для контроля сварных соединений

Объекты контроля, о которых шла речь выше, обладают плоской поверхностью сканирования, однако в случае контроля сварных соединений трубопроводов или больших осей требуется использовать датчики, притертые под объект контроля. Естественно, что такие датчики уже не применить при контроле плоских объектов.

Использование же колесного преобразователя универсально как для плоских, так и цилиндрических объектов из-за наличия гибкой оболочки (рис. 14). Отличие будет только в настройках механической части.

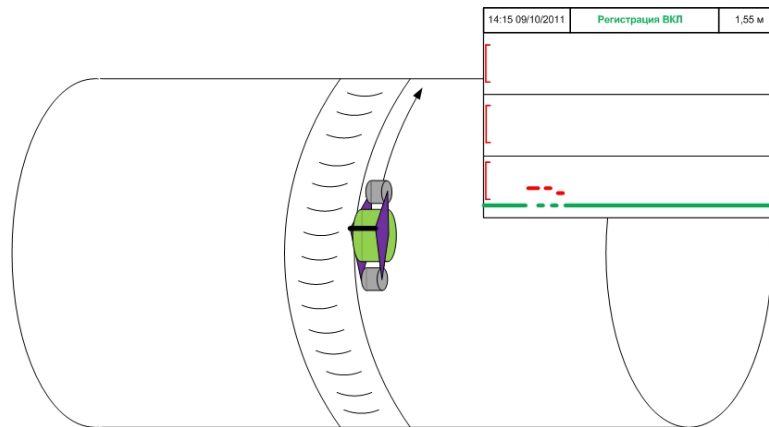


Рис.14. Пример реализации сканера для контроля сварных соединений трубопроводов

Искательные системы качения могут существенно повысить качество, производительность и экономичность контроля в различных отраслях промышленности, например, в энергетике или нефтегазовой отраслях.

Литература

1. Марков А.А., Гараева В.С. Проблемы обеспечения акустического контакта в зоне болтовых стыков рельсового пути // Путь и путевое хозяйство. – 2008, №12. С. 15-17.
2. Шисловский Д.К. Опыт УЗК сварных швов в мостовых металлоконструкциях // В мире НК. – 2003. – №4. – С. 20-21.
3. Марков А.А. Комплексный НК сварных соединений при монтаже мостовых пролетных конструкций // В мире НК. – 2003. – №4. – С. 26-28.
4. Гурвич А.К., Кузьмина Л.И. Справочные диаграммы направленности искателей ультразвуковых дефектоскопов. – Киев: Техника, 1980.