

**ТОРАЙҒЫРОВ УНИВЕРСИТЕТІНІҢ  
ҒЫЛЫМИ ЖУРНАЛЫ**

**НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ  
ТОРАЙҒЫРОВ УНИВЕРСИТЕТА**

---

**ҚАЗАҚСТАН ҒЫЛЫМЫ  
МЕН ТЕХНИКАСЫ**

2001 ЖЫЛДАН БАСТАП ШЫҒАДЫ



**НАУКА И ТЕХНИКА  
КАЗАХСТАНА**

ИЗДАЕТСЯ С 2001 ГОДА

ISSN 2788-8770

№ 4 (2022)

---

**ПАВЛОДАР**

**НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ  
ТОРАЙГЫРОВ УНИВЕРСИТЕТ**  
выходит 1 раз в квартал

---

**СВИДЕТЕЛЬСТВО**

о постановке на переучет периодического печатного издания,  
информационного агентства и сетевого издания  
№ KZ51VPY00036165

выдано  
Министерством информации и общественного развития  
Республики Казахстан

**Тематическая направленность**

Публикация научных исследований по широкому спектру проблем  
в области металлургии, машиностроения, транспорта, строительства,  
химической и нефтегазовой инженерии, производства продуктов питания

**Подписной индекс – 76129**

<https://doi.org/10.48081/UNEK4627>

**Импакт-фактор РИНЦ – 0,342**

---

Абишев Кайратолла Кайроллинович – к.т.н., профессор (главный редактор);  
Касенов Асылбек Жумабекович – к.т.н., профессор (заместитель главного редактора);  
Мусина Жанара Керейовна – к.т.н., профессор (ответственный секретарь);  
Шокубаева Зауреш Жанатовна – технический редактор.

**Члены редакционной коллегии:**

Калиакпаров Алтай Гиндуллинович – д.т.н., профессор (Нур-Султан, Казахстан);  
Клецель Марк Яковлевич – д.т.н., профессор (Павлодар, Казахстан);  
Шеров Карибек Тагаевич – д.т.н., профессор (Караганда, Казахстан);  
Богомоллов Алексей Витальевич – к.т.н., ассоц. профессор (Павлодар, Казахстан);  
Кажыбаева Галия Тулеуевна – к.т.н., профессор (Павлодар, Казахстан);

**Зарубежные члены редакционной коллегии:**

Waigang Sun – профессор (Пекин, Китай);  
Gabriele Comodi – PhD, профессор (Анкона, Италия);  
Jianhui Zhao – профессор (Харбин, Китай);  
Khamid Mahkamov – д.т.н., профессор (Ньюкасл, Великобритания);  
Magin Laruerta – д.т.н., профессор (СьюДад Реал, Испания);  
Mareks Mezitis – д.т.н., профессор (Рига, Латвия);  
Petr Bouchner – PhD, профессор (Прага, Чехия);  
Ronny Berndtsson – профессор (Лунд, Швеция);  
Барзов Александр Александрович – д.т.н., профессор (Москва, Россия);  
Витвицкий Евгений Евгеньевич – д.т.н., профессор (Омск, Россия);  
Иванчина Эмилия Дмитриевна – д.т.н., профессор (Томск, Россия);  
Лазарев Владислав Евгеньевич – д.т.н., профессор (Челябинск, Россия);  
Мягков, Леонид Львович – д.т.н., профессор (Москва, Россия);  
Янюшкин Александр Сергеевич – д.т.н., профессор (Чебоксары, Россия);  
Ребезов Максим Борисович – д.с/х.н., профессор (Москва, Россия).

---

За достоверность материалов и рекламы ответственность несут авторы и рекламодатели  
Редакция оставляет за собой право на отклонение материалов  
При использовании материалов журнала ссылка на журнал «Наука и техника Казахстана» обязательна

© Торайгыров университет

МРНТИ 55.13.17

<https://doi.org/10.48081/EBKZ7320>**\*Б. Е. Жангазин<sup>1</sup>**<sup>1</sup>ТОО «ERG Service», Республика Казахстан, г. Павлодар**ПРИМЕНЕНИЕ ПЬЕЗОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ  
ПРИ СКАНИРОВАНИИ СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ**

*Разработана схема сканирования металла совмещенным методом, что повышает степень достоверности контроля путем исследования объекта с помощью разных фокусировок. Особенность хордовой схемы прозвучивания это проверка с низкой контролledоступностью связанное с узкими проходами межтрубных пространств. Конфигурация и форма искателя позволяет проникать и контролировать участки где наклонному искателю требуется более широкая расстояние для прохода.*

*Использование двух пьезоэлектрических преобразователей увеличивает процент нахождения дефектов с помощью использования разной фокусировки и направленности луча. Это в свою очередь позволяет сканировать объект под разными углами. Исключение дефектов маленькой площади путем проверки объемноориентированных дефектов хордовым искателем, а плоскоориентированных дефектов наклонным искателем. Это схема контроля предотвращает перебраковку хордовым искателем плоскоориентированных дефектов и наклонным искателем объемных, при это позволяя уменьшить процент ложных сигналов или сигналов малой амплитуды которые фиксируются как допустимый дефект. Этот метод дает более полную картину сварного соединения, что в свою очередь влияет на качества контроля, а также качества монтажа и сварки. Применение двух видов искателей ускоряет процесс контроля металла на трубопроводах под давлением различных типоразмеров и конфигурации, так как предотвращает перебраковку путем отсеиваний лишних сигналов.*

*Ключевые слова: пьезоэлектрические преобразователи, контроль, сварные соединения, сканирование, ультразвук.*

**Введение**

Проведение контроля поверхностей нагрева является основным объемом плановых ремонтов электростанций по контролю металла [1].

На данный момент неразрушающий контроль является одним из самых эффективных способов для определения прочности и качества материалов, а также фактических параметров объекта, его швов или покрытия (толщину, плотность,

однородность), для выявления деформаций и отклонений в ключевых узлах или деталях [3].

Уменьшение брака сварных соединений и, соответственно, снижение объемов ремонта и повышение надежности это – стимулы к внедрению в производство систем автоматизированного ультразвукового контроля [4–7].

В настоящее время существует большое количество разнообразных по принципу действия и назначению преобразователей, используемых для целей неразрушающего контроля. Выбор применяемого пьезоэлектрического преобразователя, а также методов и способов обработки зависят от конструктивных особенностей контролируемого объекта и экономической целесообразности [6, 8–11]

#### **Материалы и методы**

Метод основан на применении двух видов искателей таких как: хордовый и наклонный тип пьезоэлектрических преобразователей [5, 6].

Их совместное применения при контроле металла дает более достоверную информацию о сечении и корне сварного соединения так как они имеют разную фокусировку ультразвукового пучка.

Фокусировка хордового типа искателей ориентирована на нахождения и определения объемноориентированных несплошностей сварного соединения.

Хордовый тип ПЭП относится к раздельно-совмещенным преобразователям. Хордовые преобразователи в основном используют для контроля кольцевых сварных швов трубных элементов из углеродистых и низколегированных сталей. Характерная особенность конструкции хордового типа это установка точки фокуса ультразвукового пучка в центр сварного соединения. Это дает возможность к более высокой скорости сканирования так как нет необходимости в возвратно поступательных движениях при контроле наклонным раздельно-совмещенным преобразователем [12].

Такой способ прозвучивания имеет ряд достоинств:

1) Отсутствуют ложные эхосигналы от провисаний в корне сварного шва и от наружного валика усиления. На А-скане дефектоскопа наблюдаются эхосигналы только от внутренних несплошностей.

2) Хордовый ПЭП позволяет выявлять все типичные дефекты сварки, а самое главное он выявляет вертикально ориентированные дефекты такие как свищи, плоскостные несплавления и т.д.

3) Нет поперечного сканирования поскольку прозвучивается сразу все сечение сварного шва.

4) Сокращаются трудозатраты на подготовку (зачистку) околошовных зон изделий. Типичная ширина области сканирования 30–35мм.

5) Реализуется простая технология настройки и контроля. Настройку дефектоскопа проводят по СОП с торцевым плоскодонным отверстием. Браковочный уровень устанавливают по максимуму эхосигнала от плоскодонного отверстия (см. рисунки ниже). Глубиномер и временная регулировка чувствительности дефектоскопа не используется.

Есть несколько ограничений в создании и применении хордовых преобразователей.

1 Хордовый ПЭП является специализированным преобразователем. Он предназначен для контроля заданного типоразмера трубы. Например, преобразователем П122-5,0-38\*4 прозвучивают трубы 38\*4. Допуски на изменение геометрических размеров (диаметра и толщины стенки) не более 20 %.

2 Качественные акустические характеристики хордовых ПЭП могут быть получены на тонкостенных трубах небольшого диаметра. Диапазон диаметров труб 28–160 мм. Диапазон толщин стенок 4–14мм.

Согласно нормативной технической документаций, основные параметры схемы сканирования (углы ввода, направленность луча, угол призмы и т.п.) выбираются таким образом, чтобы направленность луча концентрировалась в рабочем участке сечения сварного соединения. Благодаря этому обеспечивается уверенное выявление различных дефектов в любой зоне стыка в пределах толщины контролируемого объекта, а также в околошовной зоне (для стыков, выполненных аргоновой и электродуговой сваркой). Ультразвуковые волны распространяются параллельно поверхностям объекта контроля, а плоскость отражения перпендикулярна отражающей поверхности плоскостных дефектов. Проекция лучей, падающих на несплошность (и отражающихся от него), на ось сварного соединения лежат на хорде сечения трубы, отсюда происходит название метода сканирования. Многочисленными испытаниями было выявлено высокая степень определения объемноориентированных дефектов хордовым методом [13].



Рисунок 1 – Хордовая схема сканирования

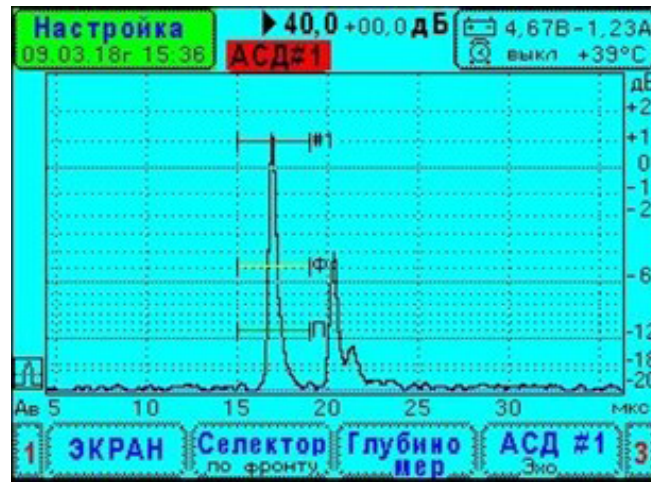


Рисунок 2 – Настройка на стандартный образец предприятия с плоскодонным отражателем

Пример длительности развертки при настройке на хордовый преобразователь

Многочисленные исследования контроля металла стационарных сварных соединений поверхностей нагрева показали эффективность наклонного типа ПЭП при нахождении и определении плоскоориентированных дефектов в отличие от хордовой схемы прозвучивания.

Выборка дефектов проводилась поэтапно согласно СТ РК 2250-2012 «Сварка, термообработка и контроль качества сварных соединений котлов и трубопроводов при монтаже и ремонте оборудования электростанций» [14].

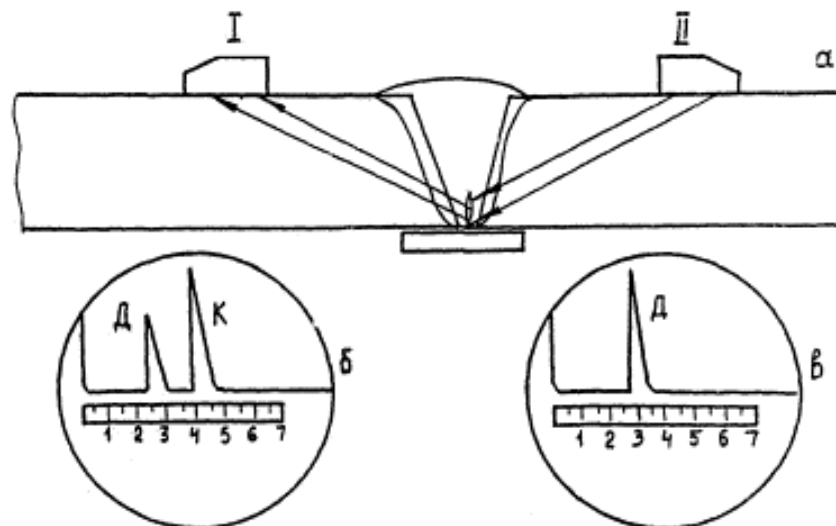


Рисунок 3 – Схема прозвучивания наклонного ПЭП

Производительность контроля определяется шагом и скоростью сканирования (перемещения) преобразователя. При оценке времени контроля учитывается и время на исследование дефекта.

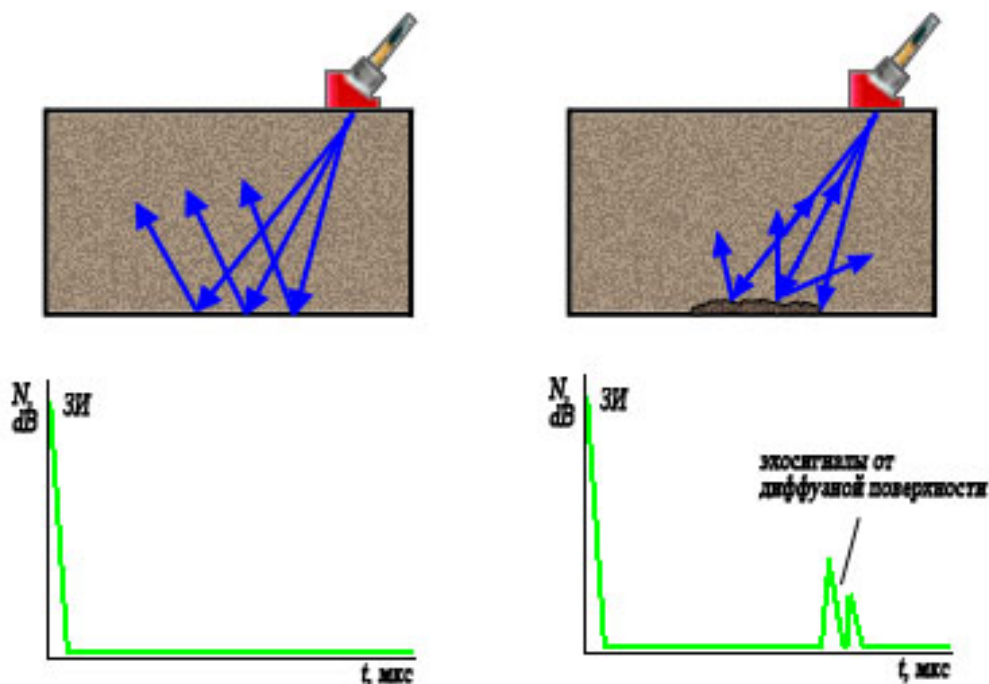


Рисунок 4 – Сканирование с помощью ПЭП наклонного типа

Одним из существенных недостатков «Классического» наклонного типа ПЭП является сложная расшифровка дефектов.

### Результаты и обсуждения

Поэтому исследование технологии контроля сварных соединений с применением оборудования, позволяющего проводить оценку и определение фактических размеров несплошностей, является в настоящее время актуальной проблемой.

Разработанная схема сканирования металла совмещенным методом повышает степень достоверности контроля путем исследования объекта с помощью разных фокусировок. Подготовка металла к контролю для совмещенного метода сканирования требует качественного зачищенного изделия с шероховатостью поверхности не хуже 40 Rz, и требует расширения зазора межтрубного пространства с низкой контролledоступностью. Ширина зазора определяется типоразмерам контролируемого изделия. Особенность хордовой схемы прозвучивания это проверка с низкой контролledоступностью связанное с узкими проходами межтрубных пространств. Конфигурация и форма искателя позволяет проникать и контролировать участки где наклонному искателю требуется более широкая расстояние для прохода, поэтому для совмещенного метода нужен более широкий зазор межтрубных пространств при этом совмещенный метод требует

более гладкую поверхность (20...40 Rz) так как хордовый тип искателей имеет огибающую форму под определенный диаметр трубы.

Рекомендованное применение геля вместо более густых смазывающих средств таких как (солидол, литол) ввиду низкой загрязненности при смене искателей и троссиков дабы уменьшить попадание в гнезда смазывающих средств которое в свою очередь может повлиять на достоверность контроля и работе самого прибора.

#### **Выводы**

Использование двух ПЭП увеличивает процент нахождения дефектов с помощью использования разной фокусировки и направленности луча. Это в свою очередь позволяет сканировать объект под разными углами. Исключение дефектов маленькой площади путем проверки объемноориентированных дефектов хордовым искателем, а плоскостноориентированных дефектов наклонным искателем. Это схема контроля предотвращает перебраковку хордовым искателем плоскостных дефектов и наклонным искателем объемных, при это позволяя уменьшить процент ложных сигналов или сигналов малой амплитуды которые фиксируются как допустимый дефект. Этот метод дает более полную картину сварного соединения, что в свою очередь влияет на качества контроля, а также качества монтажа и сварки. Применение двух видов искателей ускоряет процесс контроля металла на трубопроводах под давлением различных типоразмеров и конфигурации, так как предотвращает перебраковку путем отсеиваний лишних сигналов.

#### **СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ**

1 **Малкина, И. В., Жданов, Д. В.** Автоматизация контроля сварных соединений // Евразийское Научное Объединение. – 2020. – № 7–2 (65). – С. 123–126.

2 **Жангазин, Б. Е.** Метод сканирования сварных соединений с применением двух видов пьезоэлектрических преобразователей // Central Asian Scientific Journal. – 2022. – № 5(9). – С. 11–21.

3 **Гейт, А. В., Михайлов, И. И., Зорин, Е. Е.** Применение систем автоматизированного ультразвукового контроля для оценки качества кольцевых сварных соединений магистральных трубопроводов // Наука и технологии трубопроводного транспорта нефти и нефтепродуктов. – 2018. – Т. 8. – № 3. – С. 264–272.

4 **Ушаков, В. М., Данилов, В. Н.** К вопросу оценки чувствительности ультразвукового контроля сварных соединений объектов энергетики // Дефектоскопия. – 2019. – № 10. – С. 3–13.

5 **Ушаков, В. М., Михалев, В. В., Шейнов, В. М.** Особенности контроля кольцевых сварных соединений трубных элементов преобразователями хордового типа // Контроль. Диагностика. – 2021. – Т. 24. – № 7 (277). – С. 50–54

6 **Захаренко, В. В., Холодилов, О. В.** Преобразователи для ультразвукового контроля сварных соединений // Современный научный вестник. – 2013. – Т. 12. – № 2. – С. 75–78.



7 **Шумейко, И. А., Касенов, А. Ж., Абишев, К. К.** Роль машиностроения и особенности развития отрасли в Казахстане // Наука и техника Казахстана. – 2019. – № 4. – С. 81–89

8 **Алешин, Н. П., Григорьев, М. В., Базулин, Е. Г. и др.** Ультразвуковой топографический контроль тройников магистральных газопроводов // Сварка и диагностика. – 2009. – № 3. – С. 10–15

9 **Сапронов, А. А., Зибров, В. А.** Использование пьезоэлектрических преобразователей для передачи информации о потребляемых водных ресурсах // Энергосбережение и водоподготовка. – 2009. – № 3(59). – С. 44–46

10 **Умаров, А. А., Умаров, А. Р., Камбаро, Е.** Идентификация объекта управления в динамическом режиме // Наука и техника Казахстана. – 2016. – № 1–2. – С. 62–72

11 **Kassenov, A. Zh., Itybayeva, G. T.** Pass-through peakless saber cutter // Science and Technology of Kazakhstan. – 2022. – № 2. – P. 41–48.

12 РД 34 РК 17.302-03 Инструкция по организации и осуществлению ультразвукового контроля качества сварных соединений паровых и водогрейных котлов, сосудов, работающих под давлением, трубопроводов пара и горячей воды.

13 ГОСТ Р 55725-2013 Неразрушающий контроль, преобразователи ультразвуковые пьезоэлектрические.

14 СТ РК 2250-2012 Сварка, термообработка и контроль качества сварных соединений котлов и трубопроводов при монтаже и ремонте оборудования электростанций.

#### REFERENCES

1 **Malkina, I. V., Zhdanov, D. V.** Avtomatizatsiya kontrolya svarnykh soyedineniy [Automation of control of welded joints] // Eurasian Scientific Association. – 2020. – № 7–2 (65). – P. 123–126.

2 **Zhangazin, B. E.** Metod skanirovaniya svarnykh soyedineniy s primeneniym dvukh vidov p'yezoelektricheskikh preobrazovateley [A method of scanning welded joints using two types of piezoelectric transducers] // Central Asian Scientific Journal. – 2022. – № 5(9). – P. 11–21.

3 **Geit, A. V., Mikhailov, I. I., Zorin, E. E.** Primeneniye sistem avtomatizirovannogo ul'trazvukovogo kontrolya dlya otsenki kachestva kol'tsevykh svarnykh soyedineniy magistral'nykh truboprovodov [Application of automated ultrasonic testing systems for assessing the quality of ring welded joints of main pipelines] // Science and Technology of Pipeline Transportation of Oil and Oil Products. – 2018. – Т. 8. – № 3. – P. 264–272.

4 **Ushakov, V. M., Danilov, V. N.** K voprosu otsenki chuvstvitel'nosti ul'trazvukovogo kontrolya svarnykh soyedineniy ob'yektov energetiki [On the issue of assessing the sensitivity of ultrasonic testing of welded joints in power engineering objects] // Defectoscopy. – 2019. – № 10. – P. 3–13.

5 **Ushakov, V. M., Mikhalev, V. V., Sheinov, V. M.** Osobennosti kontrolya kol'tsevykh svarnykh soyedineniy trubnykh elementov preobrazovatelyami khordovogo tipa [Features of the control of circumferential welded joints of pipe elements by chord-type transducers] // Control. Diagnostics. – 2021. – Т. 24. – № 7 (277). – P. 50–54.

6 **Zakharenko, V. V., Kholodilov, O. V.** Preobrazovateli dlya ul'trazvukovogo kontrolya svarnykh soyedineniy [Transducers for ultrasonic testing of welded joints] // Modern Scientific Bulletin. – 2013. – Т. 12. – № 2. – P. 75–78.

7 **Shumeiko, I. A., Kasenov, A. Zh., Abishev, K. K.** Rol' mashinostroyeniya i osobennosti razvitiya otrasli v Kazakhstane [The role of mechanical engineering and features of the development of the industry in Kazakhstan] // Science and Technology of Kazakhstan. – 2019. – № 4. – P. 81–89.

8 **Aleshin, N. P., Grigoriev, M. V., Bazulin, E. G. et al.** Ul'trazvukovoy topograficheskiy kontrol' troynikov magistral'nykh gazoprovodov [Ultrasonic topographic control of tees of main gas pipelines] // Welding and diagnostics. – 2009. – № 3. – P. 10–15.

9 **Sapronov, A. A., Zibrov, V. A.** Ispol'zovaniye p'yezoelektricheskikh preobrazovateley dlya peredachi informatsii o potrebyayemykh vodnykh resursakh [The use of piezoelectric transducers to transmit information about consumed water resources] // Energy saving and water treatment. – 2009. – № 3 (59). – P. 44–46.

10 **Umarov, A. A., Umarov, A. R., Kambarov, E.** Identifikatsiya ob'yekta upravleniya v dinamicheskom rezhime [Identification of the control object in dynamic mode] // Science and Technology of Kazakhstan. - 2016. – No. 1–2. – P. 62–72.

11 **Kassenov, A. Zh., Itybayeva, G. T.** Pass-through peakless saber cutter // Science and Technology of Kazakhstan. – 2022. – № – P. 41–48.

12 RD 34 RK 17.302-03 Instruksiya po organizatsii i osushchestvleniyu ul'trazvukovogo kontrolya kachestva svarnykh soyedineniy parovykh i vodogreynykh kotlov, sudov, robotayushchikh pod davleniyem, truboprovodov para i goryachey vody [Instructions for the organization and implementation of ultrasonic quality control of welded joints in steam and hot water boilers, pressure vessels, steam and hot water pipelines].

13 GOST R 55725-2013 Nerazrushayushchiy kontrol', preobrazovateli ul'trazvukovyye p'yezoelektricheskiye [Non-destructive testing, ultrasonic piezoelectric transducers].

14 ST RK 2250-2012 Svarka, termoobrabotka i kontrol' kachestva svarnykh soyedineniy kotlov i truboprovodov pri montazhe i remonte oborudovaniya elektrostantsiy [Welding, heat treatment and quality control of welded joints of boilers and pipelines during installation and repair of power plant equipment].

Материал поступил в редакцию 24.11.2022.

**\*Б. Е. Жангазин<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>«ERG Service» ЖШС, Қазақстан Республикасы, Павлодар қ.

Материал баспаға түсті 24.11.2022.

## **ДӘНЕКЕРЛЕНГЕН ҚОСЫЛЫСТАРДЫ СКАНЕРЛЕУ КЕЗІНДЕ ПЬЕЗОЭЛЕКТРЛІК ТҮРЛЕНДІРГІШТЕРДІ ҚОЛДАНУ**

*Біріктірілген әдіспен металды сканерлеу схемасы жасалды, бұл объектіні әртүрлі фокустармен зерттеу арқылы бақылаудың сенімділік дәрежесін арттырады. Хордалық дыбыстық схеманың ерекшелігі болып табылады төмен бақыланыатын тексеру құбыраралық кеңістіктердің тар жолдарымен байланысты. Іздеушінің конфигурациясы мен пішіні көлбеу іздеушіге өту үшін кеңірек қашықтық қажет болатын жерлерге кіруге және басқаруға мүмкіндік береді.*

*Екі пьезоэлектрлік түрлендіргішті пайдалану әртүрлі сәулелік фокус пен фокусты қолдану арқылы ақауларды табу пайызын арттырады. Бұл өз кезегінде нысанды әртүрлі бұрыштардан сканерлеуге мүмкіндік береді. Аккорд іздеушінің көлемді бағдарланған ақауларын, ал көлбеу іздеушінің жазықтыққа бағдарланған ақауларын тексеру арқылы шағын аумақтың ақауларын жою. Бұл бақылау схемасы аккорд іздеушінің жазықтық ақауларын және көлбеу көлемді іздеушіні қайта орналастыруына жол бермейді, ал жалған немесе кіші амплитудалық сигналдардың пайызын азайтуға мүмкіндік береді. рұқсат етілген ақау ретінде бекітіледі. Бұл әдіс дәнекерленген қосылыстың толық бейнесін береді, бұл өз кезегінде бақылау сапасына, сондай-ақ орнату және дәнекерлеу сапасына әсер етеді. Іздеушілердің екі түрін қолдану әртүрлі өлшемдер мен конфигурациялардың қысымымен құбырлардағы металды бақылау процесін жылдамдатады, өйткені ол артық сигналдарды елеу арқылы ақауларды жоюға жол бермейді.*

*Кілтті сөздер: пьезоэлектрлік түрлендіргіштер, бақылау, дәнекерленген қосылыстар, сканерлеу, ультрадыбыстық.*

**\*B. E. Zhangazin<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>ERG Service LLP, Republic of Kazakhstan, Pavlodar

Material received on 24.11.2022.

## **APPLICATION OF PIEZOELECTRIC TRANSDUCERS WHEN SCANNING WELDED JOINTS**

*A scheme for scanning metal by a combined method has been developed, which increases the degree of reliability of control by examining the object using different focusses. The peculiarity of the chordal sounding scheme is a check with low accessibility associated with narrow passages of intertubular spaces. The configuration and shape of the finder allows you to penetrate and control areas where an inclined finder requires a wider distance to pass.*

*The use of two piezoelectric transducers increases the percentage of defects found by using different focusing and beam directionality. This in turn allows you to scan the object from different angles. Elimination of defects of a small area by*

*checking volume-oriented defects with a chord finder, and plane-oriented defects with an inclined finder. This control scheme prevents the chord finder from rejecting planar defects and the inclined volume finder, while allowing to reduce the percentage of false signals or low-amplitude signals that are fixed as an acceptable defect. This method gives a more complete picture of the welded joint, which in turn affects the quality of control, as well as the quality of installation and welding. The use of two types of finders accelerates the process of metal control on pipelines under pressures of various sizes and configurations, as it prevents overfitting by screening out unnecessary signals.*

*Keywords: piezoelectric converters, control, welded joints, scanning, ultrasound.*

Теруге 24.11.22 ж. жіберілді. Басуға 27.12.22 ж. қол қойылды.

Электрондық баспа

66,9 Mb RAM

Шартты баспа табағы 93,80 Таралымы 300 дана. Бағасы келісім бойынша.

Компьютерде беттеген: Е. Е. Калихан

Корректор: А. Р. Омарова, Д. А. Кожас

Тапсырыс № 4009

«Toraighyrov University» баспасынан басылып шығарылған

Торайғыров университеті

140008, Павлодар қ., Ломов көш., 64, 137 каб.

«Toraighyrov University» баспасы

Торайғыров университеті

140008, Павлодар қ., Ломов к., 64, 137 каб.

67-36-69

e-mail: [kereku@tou.edu.kz](mailto:kereku@tou.edu.kz)

[nitk.tou.edu.kz](http://nitk.tou.edu.kz)