

УДК 621.642.39.03

## ТЕХНОЛОГИЯ ДИАГНОСТИКИ ВЕРТИКАЛЬНЫХ СТАЛЬНЫХ РЕЗЕРВУАРОВ БЕЗ СНЯТИЯ АНТИКОРРОЗИОННОГО ПОКРЫТИЯ

<sup>1</sup>Тарасенко А.А., <sup>1</sup>Чепур П.В., <sup>2</sup>Шарков А.Е., <sup>2</sup>Гретченко Д.А.

<sup>1</sup>«Тюменский государственный нефтегазовый университет», Тюмень,

*e-mail: a.a.tarasenko@gmail.com; chepur@me.com;*

<sup>2</sup>НПП «Симплекс», Тюмень, *e-mail: simplex\_lnk@mail.ru*

Обоснована техническая и экономическая эффективность технологии проведения полной технической диагностики вертикальных стальных резервуаров без снятия антикоррозионного покрытия. Проанализированы требования существующей нормативной документации к диагностическому обследованию крупногабаритных резервуаров. Предложен диагностический комплекс, позволяющий с использованием акустико-эмиссионного, магнитного и ультразвукового методов проводить комплексную диагностику металлоконструкций РВС без снятия антикоррозионного покрытия в объеме, предписанном действующей нормативной документацией. Представлено сравнение технико-экономических показателей проведения диагностики традиционным (со снятием защитного покрытия) и инновационным методами (без снятия защитного покрытия). Т.к. основной статьей расходов при диагностике резервуаров является снятие, очистка и нанесение антикоррозионного покрытия на значительную площадь стенки, предложенная технология позволяет снизить издержки эксплуатирующих организаций на диагностику РВС до 9 раз. На основе реального опыта внедрения технологии, при диагностике резервуара самого крупного типоразмера в РФ – РВСПК-100000, сделаны выводы о возможности распространения предложенного метода на резервуары наиболее распространенного типоразмера РВС-5000, РВС-10000, РВС-20000.

**Ключевые слова:** резервуар, РВС, диагностика, неразрушающий контроль, ФАР

## DIAGNOSTIC TECHNOLOGY VERTICAL STEEL TANKS WITHOUT REMOVING THE ANTI-CORROSION COATINGS

<sup>1</sup>Tarasenko A.A., <sup>1</sup>Chepur P.V., <sup>2</sup>Sharkov A.E., <sup>2</sup>Gretchenko D.A.

<sup>1</sup>«Tyumen State Oil and Gas University», Tyumen, *e-mail: a.a.tarasenko@gmail.com, chepur@me.com;*

<sup>2</sup>«Simplex», Tyumen, *e-mail: simplex\_lnk@mail.ru*

Considered technical and economic efficiency of the technology of the full technical diagnostics of vertical steel tanks without removing the anti-corrosion coating. Analyzed the requirements of the existing regulatory documentation for diagnostic study of large reservoirs. We propose a diagnostic system that enables the use of acoustic emission, magnetic and ultrasonic techniques to conduct a comprehensive diagnosis of tank without removing corrosion-resistant coating to the extent prescribed by the current regulatory documentation. Shows a comparison of the technical and economic indicators of the traditional diagnostic (with the removal of the protective coating) and innovative methods (without removing the protective coating). Since the main item of expenditure in the diagnosis of tanks is the removal, treatment and application of corrosion-resistant coating on a large area of the wall, the proposed technology allows reduce the costs of operating organizations to diagnose tank to 9 times. Based on the real experience of introduction of the technology in the diagnosis of the reservoir, the largest size in the Russian Federation – RVSPK-100000, conclusions about the possibility of extending the proposed method for the most common size tanks PBC-5000, ISR-10000 RVS-20000.

**Keywords:** tank, aboveground tank, diagnostics, non-destructive testing, phased array

Для обеспечения условий надежной и безопасной работы системы трубопроводного транспорта нефти необходимо своевременное проведение и организация работ по технической диагностике её основных элементов [4, 9, 11, 14]. Крупногабаритные вертикальные стальные резервуары, являясь неотъемлемым звеном в технологической цепочке трубопроводного транспорта нефти, должны находиться в безотказном состоянии весь период эксплуатации. Для этого в отечественных отраслевых регламентах определены сроки и объемы регулярного диагностического обследования РВС. В нормативно-технической документации (НТД) [1] определена периодичность (для РВС со сроком эксплуатации менее и более 20 лет) и объем (частичная, полная) проведения обязательной технической диа-

гностики резервуаров. В табл. 1 обобщены сведения о периодичности проведения диагностики РВС.

Анализируя требования НТД, можно сделать вывод, что проведение полной технической диагностики резервуара осуществляется с периодичностью не менее одного раза в десять лет, а частичной – одного раза в пять лет. Существующие объемы диагностирования резервуаров заставляют задуматься о технико-экономическом аспекте проведения данных работ [10].

Выполнение полной технической диагностики включает в себя: визуальный измерительный контроль (ВИК), ультразвуковую толщинометрию (УЗТ), ультразвуковое сканирование (УК), магнитный контроль (МК), радиографический контроль (РК), акустико-эмиссионный контроль (АЭК) и

др. Согласно [12], до 80% затрат на проведение полного диагностического обследования РВС связано с работами по снятию и восстановлению антикоррозионного покрытия. Однако развитие методов проведения неразрушающего контроля, современное оборудование с новейшим программным обеспечением [6, 15] позволяют проводить

диагностику резервуаров без снятия защитного покрытия с заданной точностью и качеством согласно НТД. На рис. 1 представлен резервуар с зачищенными участками околосшовных зон. Также на фотографии реального объекта – РВС-10000, отражен процесс восстановления антикоррозионного покрытия (АКП).

Таблица 1

Периодичность проведения технической диагностики вертикальных стальных резервуаров

Срок эксплуатации	Частичная техническая диагностика	Полная техническая диагностика
До 20 лет	Один раз в пять лет после строительства, последней диагностики или ремонта	Один раз в 10 лет после последнего ремонта или через пять лет после частичной технической диагностики
Более 20 лет	Один раз в четыре года после последней диагностики или ремонта	Один раз в восемь лет после последнего ремонта или через четыре года после частичной технической диагностики



Рис. 1. Резервуар РВС-10000 во время восстановления АКП с зачищенными участками стенки в околосшовной зоне

Авторами предлагается технический комплекс, состоящий из специализированного оборудования и программного обеспечения, позволяющий проводить полную техническую диагностику вертикальных стальных резервуаров без нарушения целостности защитного покрытия. В рамках данного комплекса интегрируются системы акустической эмиссии «Disp» и «Samos» с преусилителями и преобразователя-

ми «РАС», ультразвуковая измерительная установка с технологией фазированных апертурных решеток (ФАР) «OmniScan», магнитный диагностический комплекс Интракор М150. Также используется стандартное оборудование, применяемое при диагностике РВС со снятием покрытия: толщиномер ультразвуковой NDT MG2/D799 «Panametrics», УЗ установка «Сканер», толщиномер магнитный MT2007, де-

фектоскоп электроискровой «Крона 2-И», рентген-аппарат «Арина-5».

Акустико-эмиссионный комплекс позволяет выявить наличие дефектов в металле стенки резервуара благодаря применению многоканальных систем, обеспечивающих одновременную регистрацию и обработку параметров АЭ сигналов и их форм. Метод регистрации звуковых импульсных волн, излучаемых металлическими конструкциями при нагружении, позволяет осуществлять локацию источников АЭ в местах стенки РВС, недоступных для традиционных методов контроля. Это позволяет определять дополнительные участки аномалий, которые необходимо проанализировать следующим этапом другими физическими методами для уточнения координат, оценки размеров дефектов и т.д.

Использование оборудования на основе технологии ФАР (УЗ-дефектоскоп «OmniScan MX2») позволяет производить управление амплитудой и фазой импульсов возбуждения отдельных пьезоэлементов в многоэлементном преобразователе. Возбуждение пьезоэлементов осуществляется таким образом, что дает возможность управлять параметрами ультразвукового луча: углом, фокусным расстоянием, размером фокусного пятна посредством компьютерной программы. Применение технологии ФАР за счет плотного пучка УЗ-излучения позволяет обеспечить высокую точность поиска аномалий и дефектов в металле при наличии защитного покрытия. На рис. 2–3 представлены схемы проведения УЗ-дефектоскопии с технологией ФАР, а также выходные сигналы при сканировании днища РВС.

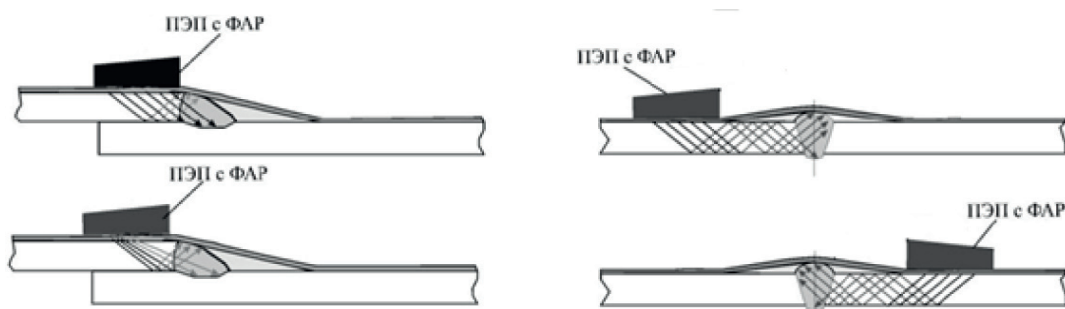


Рис. 2. Схема проведения УЗ-дефектоскопии с применением ФАР

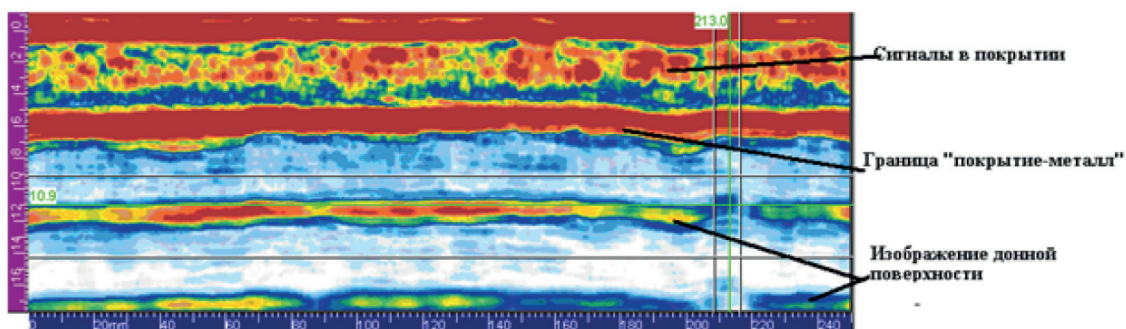


Рис. 3. УЗ-сканирование днища РВС с защитным покрытием методом фазированных апертурных решеток

Для выявления дефектов сплошности металла днища и окрайки, коррозионных и усталостных трещин, каверн, язв, питтинговых дефектов со стороны гидрофобного слоя предлагается использовать комплекс, состоящий из магнитного дефектоскопа ИНТРОКОР М150 и программного продукта Wintracog, позволяющего проводить интерпретацию данных диагностирования [2]. В основе работы дефектоскопа заложен метод регистрации магнитных полей

рассеяния от дефектов (MFL-метод) при намагничивании днища [3]. Считывание магнитного рельефа осуществляется путем сканирования магнитного поля с помощью многоэлементного преобразователя. Учитывая факт, что контроль осуществляется без снятия АКП, метод позволяет осуществлять 100 % контроль дефектов, остаточной толщины листов металла, а также защитного покрытия без пропусков и «мертвых зон». Также с применением данного



комплекса возможно определение местоположения, размера дефекта и нанесение на общую «карту» днища в автоматическом режиме. В табл. 2 приведены возможности технологий АЭ, УЗК и магнитного контроля при диагностике РВС без снятия

защитных покрытий. Интеграция данных методов в рамках одного комплекса позволит проводить техническую диагностику РВС в объеме, предписанном НТД [1], и с качеством, не уступающим традиционному методу с зачисткой резервуара.

Таблица 2

Возможности различных физических методов при диагностировании РВС

№ п/п	Операция	АЭ	УЗК	МК
1	Контроль 100% площади стенки/днища	+	–	–
2	Выявление внутренних и наружных дефектов	+	+	+
3	Определение местоположения дефектов (внутр/наруж)	–	+	+
4	Определение координат дефектов	–	+	+
5	Оценка размеров дефектов	–	+	+
6	Определение остаточной толщины металла	–	+	+
7	Оценка толщины АКП	–	+	+

Предложенный комплекс был апробирован при проведении полной технической

диагностики РВСПК-100000 компанией ООО НПП «Симплекс» (рис. 4, а, б).



Рис. 4 а. УЗ-дефектоскопия стенки РВСПК-100000 с применением метода ФАР



Рис. 4 б. Диагностический комплекс

Авторами на основе данных проведенного апробирования комплекса проанализирована экономическая эффективность использования метода диагностики без снятия защитного покрытия. Для организации-заказчика стоимость выполнения технической диагностики снижается на величину от 5 до 9 раз в зависимости от типоразмера РВС. Это следствие того, что необходимость в выполнении наиболее затратных операций по снятию и восстановлению АКП с применением предложенного метода отсутствует. На рис. 5 приведена диаграмма сравнения стоимости проведения полного диагностического обследования

традиционным (со снятием АКП) и инновационным (без снятия АКП) методом в текущих ценах (2014 г.) для наиболее распространенных в РФ резервуаров: РВС-5000, 10000, 20000.

### Выводы

1. Предложен диагностический комплекс, позволяющий с использованием акустико-эмиссионного, магнитного и ультразвукового методов проводить комплексную диагностику металлоконструкций РВС различных типоразмеров без снятия защитного антикоррозионного покрытия в объеме и с

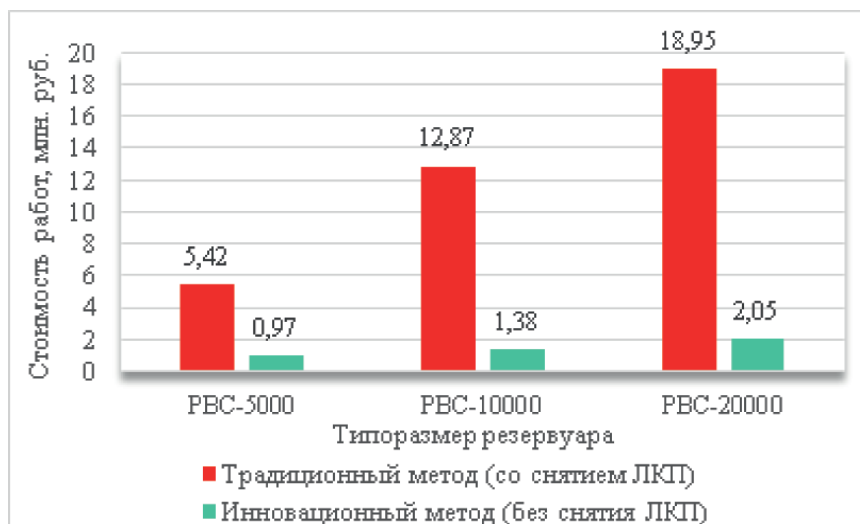


Рис. 5. Сравнение стоимости проведения комплексной диагностики РВС для заказчика традиционным и инновационным методами

точностью, предписанными действующей нормативной документацией [1].

2. Под руководством и при непосредственном участии авторов выполнена полная техническая диагностика резервуара РВСПК-100000. Опытно-производственная апробация комплекса позволила подтвердить эксплуатационную пригодность предложенного комплекса и методики для диагностирования реальных промышленных объектов.

3. Обоснована техническая и экономическая эффективность технологии проведения полной технической диагностики вертикальных стальных резервуаров без снятия антикоррозионного покрытия.

4. Представлено сравнение технико-экономических показателей проведения диагностики традиционным (со снятием защитного покрытия) и инновационными методами (без снятия защитного покрытия).

#### Список литературы

1. РД-23.020.00-КТН-271-10. Правила технической диагностики резервуаров.
2. Семин Е.Е., Тарасенко А.А. Использование программных комплексов при оценке технического состояния и проектирование ремонтов вертикальных стальных резервуаров // Трубопроводный транспорт: теория и практика. Москва, 2006. – № 4. – С. 84–87.
3. Сухоруков Д.В., Слесарев Д.А., Абакумов А.А., Поляхов М.Ю. Технология диагностики днищ и стенок стальных вертикальных резервуаров с применением сканирующих магнитных дефектоскопов высокого разрешения // Сфера нефтегаз. Санкт-Петербург, 2010. – № 2. – С. 162–167.
4. Тарасенко А.А. Напряженно-деформированное состояние крупногабаритных резервуаров при ремонтных работах: дис. канд. техн. наук. – Тюмень, 1991. – 254 с.
5. Тарасенко А.А. Решение контактной задачи об упругом взаимодействии подъемного устройства и стенки ре-

зервуара // Известия вузов «Нефть и газ». Тюмень, 1998. – № 6. – С. 59–63.

6. Тарасенко А.А., Тюрин Д.В. Моделирование нефтяных стальных цилиндрических резервуаров // Известия вузов «Нефть и газ». Тюмень, 2001. – № 4. – С. 65–69.

7. Тарасенко А.А., Чепур П.В., Тарасенко Д.А. Деформирование верхнего края оболочки при развитии неравномерных осадок резервуара // Фундаментальные исследования. – 2014. – № 6–3. – С. 485–489.

8. Тарасенко А.А., Чепур П.В., Чирков С.В. Исследование изменения напряженно-деформированного состояния вертикального стального резервуара при развитии неравномерной осадки наружного контура дна // Фундаментальные исследования. – 2013. – № 10–15. – С. 3409–3413.

9. Тарасенко А.А., Чепур П.В., Чирков С.В. Обоснование необходимости учета истории нагружения конструкции при ремонте фундамента с подъемом резервуара // Безопасность труда в промышленности. Москва, 2014. – № 5. – С. 60–63.

10. Тарасенко А.А., Чепур П.В., Чирков С.В., Тарасенко Д.А. Модель резервуара в среде ANSYS Workbench 14.5 // Фундаментальные исследования. – 2013. – № 10–15. С. 3404–3408.

11. Тарасенко М.А., Сильницкий П.Ф., Тарасенко А.А. Анализ результатов дефектоскопии коррозионных повреждений резервуаров // Известия вузов «Нефть и газ». Тюмень, 2010. – № 5. – С. 78–82.

12. Тиханов Е.А., Тарасенко А.А., Чепур П.В. Оценка экономической эффективности капитального ремонта основания вертикального стального резервуара методом перемещения // Фундаментальные исследования. – 2014. – № 6–2. – С. 330–334.

13. Чепур П.В., Астахов А.М., Тарасенко Д.А. Методика расчета расстояния вылета очистного устройства из трубопровода при взрыве газозвушной смеси // Фундаментальные исследования. – 2014. – № 9–2. С. 283–287.

14. Чепур П.В., Тарасенко А.А. Методика определения необходимости ремонта резервуара при осадках основания // Фундаментальные исследования. – 2014. – № 8–6. С. 1336–1340.

15. Чепур П.В., Тарасенко А.А., Тарасенко Д.А. Исследование влияния величины выступа окрайки на напряженно-деформированное состояние вертикального стального цилиндрического резервуара при развитии неравномерной осадки наружного контура дна // Фундаментальные исследования. – 2013. – № 10–15. – С. 3441–3445.

**References**

1. RD-23.020.00-KTN-271-10. Rules of technical diagnostics tanks.
2. Semin E.E., Tarasenko A.A. Pipeline transport: theory and practice, 2006, no.4, pp. 84–87.
3. Suhorukov D.V., Slesarev D.A., Abakumov A.A., Poljahov M.Ju. Scope oil and gas, 2010, no.2, pp. 84–87.
4. Tarasenko A.A. Stress-strained state of large-sized tanks during repairs. Candidate technical sciences dissertation. Tyumen, 1991. 254 p.
5. Tarasenko A.A. Izvestijavuzov.Neft'igaz. 1998, no.6, pp. 59–63.
6. Tarasenko A.A., Turin D.V. Izvestijavuzov.Neft'igaz. 2001, no.4, pp. 65–69.
7. Tarasenko A.A., Chepur P.V., Tarasenko D.A. Fundamental research, 2014, no.6–3, pp. 485–489.
8. Tarasenko A.A., Chepur P.V., Chirkov S.V. Fundamental research, 2013, no.10–15, pp. 3409–3413.
9. Tarasenko A.A., Chepur P.V., Chirkov S.V. Bezopasnost' trudavpromyshlennosti, 2014, no.5, pp. 60–63.
10. Tarasenko A.A., Chepur P.V., Chirkov S.V., Tarasenko D.A. Fundamental research, 2013, no.10–15, pp. 3404–3408.
11. Tarasenko M.A., Silnitskii P.F., Tarasenko A.A. Izvestijavuzov.Neft'igaz. 2010, no.5, pp. 78–82.
12. Tihanov E.A., Tarasenko A.A., Chepur P.V. Fundamental research, 2014, no.6–2, pp. 330–334.
13. Chepur P.V., Astahov A.M., Tarasenko D.A. Fundamental research, 2014, no.9–2, pp. 283–287.
14. Chepur P.V., Tarasenko A.A. Fundamental research, 2014, no.8–6, pp. 1336–1340.
15. Chepur P.V., Tarasenko A.A., Tarasenko D.A. Fundamental research, 2013, no.10–15, pp. 3441–3445.

**Рецензенты:**

Захаров Н.С., д.т.н., профессор, зав. кафедрой «САТМ», ФГБОУ ВПО «Тюменский государственный нефтегазовый университет», г. Тюмень;

Мерданов Ш.М., д.т.н., профессор, Почетный работник высшего профессионального образования Российской Федерации, зав. кафедрой «Транспортные и технологические системы», ФГБОУ ВПО «Тюменский государственный нефтегазовый университет», г. Тюмень.

Работа поступила в редакцию 08.08.2014.