

УДК 622.692.4

Зубаиров Альфир Альфредович, магистрант, Бирский филиал Уфимского университета науки и технологий, РФ, г.Бирск

Зинов Игорь Анатольевич, доцент кафедры технологического образования, Бирский филиал Уфимского университета науки и технологий, РФ, г.Бирск

**ОБЕСПЕЧЕНИЕ НАДЁЖНОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ
ТРУБОПРОВОДОВ В НЕФТЕГАЗОВОМ СЕКТОРЕ В УСЛОВИЯХ
ЭКОНОМИИ СРЕДСТВ НА ЗАМЕНУ ОБОРУДОВАНИЯ, И
ИЗМЕНЕНИЯ КОНЦЕПЦИЙ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ И
РЕМОНТОВ**

Аннотация

В статье рассмотрены ежегодные отчеты о правоприменительной практике контрольной (надзорной) деятельности в Федеральной службе по экологическому, технологическому и атомному надзору при осуществлении федерального государственного надзора в области промышленной безопасности за 2023 и 2024г. Определены области с отрицательной динамикой аварий. Описаны возможные причины увеличения аварий. Предложено применение длинновонового контроля, сравнены две модели оборудования. Описаны условия применения метода при проведении технического освидетельствования, позволяющий увеличить объемы диагностирования в условиях ограниченных бюджетов на техническое обслуживание и диагностику.

Annotation

The article considers the annual reports on the law enforcement practice of control (supervisory) activities in the Federal Service for Environmental, Technological and Nuclear Supervision in the implementation of federal state supervision in the field of industrial safety for 2023 and 2024. Areas with a negative dynamics of accidents are identified. Possible causes of an increase in accidents are described. The

application of long-wave control is proposed, two models of equipment are compared. The article describes the conditions for using the method during technical inspection, which allows for increased diagnostic volumes in the context of limited budgets for maintenance and diagnostics.

Ключевые слова: Трубопроводы, надежность, диагностика, обслуживание, ремонт, длинноволновой контроль.

Keywords: Pipelines, reliability, diagnostics, maintenance, repair, long-wave control.

Приказом Ростехнадзора от 28.02.2025г. №74 утвержден доклад о правоприменительной практике контрольной (надзорной) деятельности в Федеральной службе по экологическому, технологическому и атомному надзору при осуществлении федерального государственного надзора в области промышленной безопасности за 2024 год.

Согласно докладу, общее количество аварий в 2024г. по сравнению с 2023г. снизилось. При этом сравнительный анализ докладов за 2023 и 2024г. показывает увеличение аварии в нефтегазовом секторе. Наибольшее увеличение аварий зафиксировано в нефтехимической, нефтегазоперерабатывающей промышленности [1].

Одной из основных причин аварий, наряду с нарушениями технологического режима и ошибками персонала, является коррозионный износ оборудования [2].

Причин снижения надёжности и увеличения числа аварий несколько:

- значительная изношенность основного технологического оборудования в нефтегазовой отрасли;

- ухудшение экономической ситуации, связанное с замедлением роста экономики, снижение цен на энергоресурсы, ужесточение санкций в отношении топливно-энергетического комплекса Российской Федерации, что приводит к сокращению бюджета поддержания основных фондов, в частности по направлению технического обслуживания и ремонтов;

- уменьшение расходов на модернизацию и замену физически изношенного оборудования.

С целью уменьшения эксплуатационных и ремонтных затрат, промышленные предприятия переходят от планово-предупредительных ремонтов на более сложные системы технического обслуживания и ремонтов, которые требуют более глубокой оценки технического состояния, определения наиболее важных показателей надёжности, правильной оценки рисков. Увеличивается важность принятия решений по ремонту каждой единицы оборудования.

Изменения в системе ремонтов, сокращение затрат на модернизацию и замену оборудования, уменьшение бюджетов поддержания основных фондов требует точного определения технического состояния оборудования, выявления дефектов на начальных стадиях развития. Эти задачи решают проведением диагностики, и контролем ключевых параметров эксплуатации. Все это увеличивает роль диагностического обслуживания. Улучшение качества диагностики может быть достигнуто увеличением объемов и методов контроля, что повлечет за собой значительное увеличение расходов на подготовку и проведение работ. При общей тенденции сокращения расходов на техническое обслуживание увеличение расходов на диагностику приведет к нивелированию экономического эффекта от перехода к новым системам ТОиР. Одновременно с изменением в техническом обслуживании требуется развитие систем диагностического обслуживания.

Наибольшее количество аварий с большим экономическими потерями происходят на технологических трубопроводах, что объясняется их большой долей в оборудовании промышленных предприятий, большой протяженностью, сложной трассировкой, эксплуатацией при высоких давлениях и температурах. Одновременно с этим, подготовительный этап к проведению диагностики и оценки технического состояния технологических трубопроводов требует значительных затрат. Требуется снять теплоизоляцию, провести зачистку поверхности объекта контроля, установить леса для

обеспечения доступа специалистов к объекту контроля. Для протяженных трубопроводов с множеством ответвлений, большим количеством деталей диагностические работы также требуют значительных затрат. Расходы на подготовку и диагностику технологических трубопроводов занимают большую часть расходов на подготовку и диагностику всего оборудования. Оптимизация расходов на подготовку и диагностику технологических трубопроводов позволит максимально уменьшить затраты.

Требования, направленные на обеспечение промышленной безопасности, предупреждение аварий, случаев производственного травматизма при эксплуатации технологических трубопроводов на опасных производственных объектах установлены в федеральных нормах и правилах в области промышленной безопасности «Правила безопасной эксплуатации технологических трубопроводов» (далее «Правила»).

Основным мероприятием, предназначенным для контроля за безопасной эксплуатацией технологических трубопроводов согласно правилам, является периодическое техническое освидетельствование. При освидетельствовании необходимо провести визуальный осмотр технологического трубопровода, измерить толщины стенок его элементов, работающих в наиболее напряженных условиях, и прямых (протяженных) участков трубопровода. По результатам визуального осмотра могут быть определены участки, требующие дополнительного контроля другими методами. Основным мероприятием при проведении технического освидетельствования является толщинометрия (ультразвуковая или магнитная).

Перспективным методом контроля, позволяющим оценить коррозионный износ и толщину металла трубопровода является волновой контроль, основанный на прохождении механических (ультразвуковых) или электромагнитных (радиоволновых) волн через объект и анализе их отражения, преломления или затухания от внутренних дефектов и границ, что позволяет обнаруживать трещины, поры и неоднородности.

Длинноволновой метод контроля (GWT) или ультразвуковой контроль дальнего действия (LRUT) – это технология неразрушающего контроля для диагностики протяженных участков трубопроводов (до десятков метров) из одной точки с помощью направленных ультразвуковых волн (Long Range Ultrasonic Testing).

Для сравнения в таблице 1 приведены основные характеристики двух приборов, в основе измерения которых используется принцип длинноволнового контроля. Указанные модели являются последними моделями наиболее известных производителей данных систем.

Таблица 1.

Сравнительные характеристики приборов длинноволнового контроля состояния труб

Параметр	wavemaker g4	MSSR 3030R
диапазон частот	до 150 кГц	До 250 кГц
Диаметр трубопровода	от 25 мм и до 1800-1930	Не нормируется
Длина контролируемого участка	До 250 м.	До 200 м.
Диапазон рабочих температур	-25°C до +50°C	от +5 до +40 °C
Диапазон температур поверхности контроля	от -25°C до 250°C	от +5 до +300 °C
Возможность проведения контроля на работающем оборудовании	да	да
Длина открытого участка трубы для установки датчиков	300 мм	400 мм
Подготовка поверхности контроля	очистки от сильных загрязнений, льда, снега и рыхлой ржавчины, желательна зачистка до	очистки от сильных загрязнений, льда, снега и рыхлой ржавчины

	металла для лучшего контакта	
Тип датчика	магнитострикционный	Пьезоэлектрический
Максимальная толщина труб	44 мм	Нет данных
Точность локализации дефектов	Более 80%	Более 80%

Системы Wavemaker [3,5] широко используются для диагностики подземных промышленных трубопроводов на объектах «Лукойл-Западная Сибирь», «ТНК-ВР». Применение систем позволяет провести контроль до 20 м. в обе стороны от устанавливаемого датчика.

Систему MSSR 3030R испытывали на магистральных трубах большого диаметра, стендах ООО «Газпром ВНИИГАЗ»[4].

Опыт практического применения показывает, что повсеместное применение приборов, по аналогии с ультразвуковыми дефектоскопами невозможно. MSSR 3030R имеет больше положительных отзывов, при дальнейшем обсуждении будем рассматривать его как наиболее эффективный. Опытом подтверждено, что реальная эффективная длина выявления дефектов на трубопроводах без изоляции - до 40 м. На трубопроводах с изоляцией до 25 м. При контроле не выявляются дефекты сварных соединений и околошовной зоны, что можно отнести к основным недостатком. Не выявляются трещиноподобные дефекты небольшой протяженности и небольшого раскрытия, незначительные утонения основного металла трубы. Эффективность контроля зависит от состояния трубы, наличия лакокрасочного покрытия, степени подготовки поверхности установки датчиков, уровня квалификации специалиста неразрушающего контроля. От службы технического надзора требуется понимание технологических процессов, и значительного опыта для прогнозирования видов коррозионного износа и целесообразности применения метода.

Таким образом, можно подытожить, что текущая тенденция в развитии системы технического обслуживания требует более глубокого анализа технического состояния оборудования, дальнейшего развития методик диагностирования оборудования. Сокращение прибыли предприятий ведёт к сокращению бюджетов на замену физически изношенного оборудования, с одновременным сокращением расходов на подготовку оборудования к диагностике, саму диагностику. Службой технического надзора и диагностики задача улучшения качества диагностики и минимизации отказов более изношенного оборудования при минимизации расходов на подготовку и диагностику.

В такой ситуации применение ультразвуковой контроль дальнего действия является наиболее оптимальным решением для проведения предварительной оценки состояния трубопровода. Провести контроль 100% поверхности трубопровода, без полного снятия изоляции (возможно определить постоянные места установки прибора с монтажом съемной изоляции), установки лесов, копания шурфов. Определить зоны аномалий, определить эти зоны как приоритетные в рамках подготовки к техническому освидетельствованию трубопровода. Провести контроль выявленных зон другим методом контроля. Таким образом можно добиться значительной экономии ресурсов на эксплуатацию и ремонт технологического оборудования на предприятиях нефтехимической, нефтегазоперерабатывающей промышленности.

Список литературы

1. Приказ Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору (Ростехнадзор) от 28.02.2025г. №74 г. Москва
Об утверждении доклада о правоприменительной практике контрольной (надзорной) деятельности в Федеральной службе по экологическому, технологическому и атомному надзору при осуществлении федерального

государственного надзора в области промышленной безопасности за 2024 год

2. Атаки БПЛА, износ оборудования и халатность: главные причины аварий на опасных промышленных объектах / [Электронный ресурс] // Информационно-аналитический журнал РУБЕЖ : [сайт]. — URL: <https://ru-bezh.ru/infografika/ataki-bpla-iznos-oborudovaniya-i-halatnost-glavnyie-prichiny-avar> (дата обращения: 12.12.2025).
3. Валышков И.Л. Wavemaker - длинноволновая ультразвуковая система для диагностики и мониторинга трубопроводов / Валышков И.Л. [Электронный ресурс] // Научная электронная библиотека «КиберЛенинка» : [сайт]. — URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/wavemaker-dlinnovolnovaya-ultrazvukovaya-sistema-dlya-diaagnostiki-i-monitoringa-truboprovodov/viewer> (дата обращения: 14.12.2025).
4. Степанов Е.Г., Вялых И.Л., Доронин А.В., Мухаметшина Л.А. Исследовательские испытания оборудования для дистанционного зондирования трубопроводов / Степанов Е.Г., Вялых И.Л., Доронин А.В., Мухаметшина Л.А. [Электронный ресурс] // Научная электронная библиотека «КиберЛенинка» : [сайт]. — URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/issledovatelskie-ispytaniya-oborudovaniya-dlya-distantsionnogo-zondirovaniya-truboprovodov/viewer> (дата обращения: 14.12.2025).
5. Опыт применения WaveMaker / [Электронный ресурс] // ЭКОЛинк : [сайт]. — URL: <https://ekolink.ru/services/opyt-primeneniya-wavemaker/> (дата обращения: 15.12.2025).

References

1. Order of the Federal Service for Environmental, Technological and Nuclear Supervision (Rostekhnadzor) dated 28.02.2025 No. 74, Moscow On approval of the report on the law enforcement practice of control (supervisory) activities in the Federal Service for Environmental, Technological and

Nuclear Supervision in the implementation of federal state supervision in the field of industrial safety for 2024

2. Drone attacks, equipment wear and tear, and negligence: the main causes of accidents at hazardous industrial facilities / [Electronic resource] // Information and analytical journal RUBEZH : [website]. — URL: <https://rubezh.ru/infografika/ataki-bpla-iznos-oborudovaniya-i-halatnost-glavnye-prichiny-avar> (date of access: 12.12.2025).
3. Valyshkov I.L. Wavemaker - a long-wave ultrasonic system for diagnostics and monitoring of pipelines / Valyshkov I.L. [Electronic resource] // Scientific Electronic Library "CyberLeninka": [website]. — URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/wavemaker-dlinnovolnovaya-ultrazvukovaya-sistema-dlya-dagnostiki-i-monitoringa-truboprovodov/viewer> (accessed: 14.12.2025).
4. Stepanov E.G., Vyalykh I.L., Doronin A.V., Mukhametshina L.A. Research tests of equipment for remote sensing of pipelines / Stepanov E.G., Vyalykh I.L., Doronin A.V., Mukhametshina L.A. [Electronic resource] // Scientific electronic library "CyberLeninka": [website]. — URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/issledovatelskie-ispytaniya-oborudovaniya-dlya-distantsionnogo-zondirovaniya-truboprovodov/viewer> (accessed: 14.12.2025).
5. Experience in using WaveMaker / [Electronic resource] // ECOLink : [website]. — URL: <https://ekolink.ru/services/opyt-primeneniya-wavemaker/> (accessed on 15.12.20)