

# 48

## СИСТЕМА МОНИТОРИНГА КОРРОЗИИ «РОКСАР»

### Результаты испытаний FSM в ООО «Газпром добыча Астрахань»

**А.Д. Бауге** – ООО «Роксар сервисиз»,  
**Н.Ф. Низамов** – ООО «Газпром добыча Астрахань»,  
**В.П. Коваленко** – ООО «Газпром добыча Астрахань».

Современная нефтегазовая промышленность по всему миру все большее внимание уделяет вопросам безопасности добычи, транспорта и хранения нефти и газа – как для человека, так и для окружающей его среды. В первую очередь это относится к области противокоррозионной защиты и средств контроля коррозии.

В ряде стран, и в частности в Норвегии, государство законодательными актами регламентирует необходимый уровень защиты и обязательное оборудование контроля коррозии газо- и нефтепроводов. Трубопроводные системы и резервуары хранения оснащаются системами коррозионного мониторинга независимо от степени коррозионного риска. Такие меры обеспечивают наивысший уровень технической безопасности эксплуатации объектов. Внутри отрасли идет эффективное сотрудничество между поставщиками, потребителями и научно-исследовательскими организациями, направленное на дальнейшее развитие нормативной базы. К примеру, ДНВ в рамках совместного отраслевого проекта разрабатывает новые рекомендации DNV RP-F116 "Контроль целостности подводных трубопроводных систем". Целью стандарта является подробная детализация положений главы 10 стандарта DNV OS-F101 "Подводные Трубопроводные системы" (издание 2007 г.), которая устанавливает требования к внедрению, проведению и обновлению систем PIM. Данный проект и другие подобные ему исследования позволяют развивать и систематизировать знания о материалах и технологиях их применения, а также способствуют развитию технологий коррозионного мониторинга. Одним из примеров эффективного применения современных технологий яв-

ляется система мониторинга внутренней коррозии СМК «Роксар». Верификация технологии успешно проходит в данный момент завершающую стадию. Следующим шагом в рамках программы сотрудничества ОАО «Газпром» и ООО «Роксар Сервисиз» станет работа по гармонизации нормативно-технической базы по проектированию и эксплуатации систем мониторинга внутренней коррозии с учетом опыта использования СМК «Роксар» на предприятии ООО «Газпром добыча Астрахань».

Сердце СМК «Роксар» – технология FSM построена на использовании внешнего (для объекта) приспособления, представляющего собой геометрическую матрицу, состоящую из чувствительных штифтов, которые с помощью электроконтактной сварки крепятся к наружной стенке контролируемого объекта (труба, аппарат и пр.). При пропускании управляемого тока через чувствительную матрицу с помощью портативного инструмента регистрируется характеристика электрического поля. Результат первичного измерения дает уникальную фоновую картину рельефа исследуемого объекта. При возникновении коррозии или эрозии электрическое поле объекта изменяется. Такое изменение регистрируется системой FSM как «изменение электросопротивления» элемента объекта по площади чувствительной матрицы.

Программное обеспечение, входящее в СМК «Роксар», сравнивает вновь полученные результаты измерения с первоначальной характеристикой и вычисляет величину потерь металла. Программа способна выявлять тенденции в динамике потерь металла с течением времени, рассчитывать скорость потери металла (коррозии) и создавать трехмерные графики, иллюстрирующие аккумулированные потери материала стенок трубы по всей площади матрицы.

Для компенсации влияния температуры на электропроводность стали результаты измерений, поступающие от матрицы, сравниваются с результатами параллельных измерений по эталонной пластине. Эталонная пластина изготовлена из того же материала, что и труба, и имеет тепловую связь с ее наружной поверхностью. Сравнение показаний, снятых с эталонной пластины и матрицы, определяет, является ли изменение электрического потенциала следствием фактической потери металла или изменения температуры.

Следует отметить, что СМК «Роксар» – FSM в различных модификациях применяется на многих газонефтедобывающих и нефтеперерабатывающих предприятиях мира. В настоящее время Система Мониторинга Коррозии «Роксар» нашла широкое применение и используются такими компаниями, как Shell, Exxon, PetroSA, British Gas, Chevron, BP и StatoilHydro.

По настоянию ОАО «Газпром» в мае-августе 2008 г. проведены испытания СМК «Роксар» – FSM на опытном стенде Астраханского ГКМ. В проведении испытаний принимали участие специалисты ОАО «Газпром», ООО «Газпром добыча Астрахань», ООО «Газпром добыча Оренбург» и ООО «ВНИИГАЗ».

Основной целью испытаний являлась проверка функциональной работоспособности и подтверждение заявленных технических характеристик аппаратуры в промышленных условиях. По ходу проведения испытаний решались следующие задачи:

- демонстрация процедуры монтажа оборудования и проведения измерений;
- регулярные снятия показаний FSM сотрудниками ООО «Газпром добыча Астрахань» и оценка динамики коррозии сотрудниками «Роксар»;
- сравнение показателей коррозии по данным FSM и по образцам-свидетелям коррозии;
- вскрытие испытательного стенда, оценка фактической коррозии металла и ее сравнение с показателями FSM.

В испытательный стенд, который подогревался с помощью ТЭН до  $T = 98 \pm 2^{\circ}\text{C}$ ,

Таблица 2. Разрешающая способность Устройства FSM-ИТ

ПРИЧИНА И МЕСТО ИЗМЕНЕНИЯ ТОЛЩИНЫ	РАЗРЕШАЮЩАЯ СПОСОБНОСТЬ, % ОТ ИСХОДНОЙ ТОЛЩИНЫ	ПРИМЕЧАНИЯ
Сплошная общая коррозия	0,5	При $\delta < 20$ мм, разрешающая способность 0,1мм
Коррозия в зоне сварного шва	5	Для идентификации коррозии требуется опыт обработки результатов
Локальная (язвенная) коррозия	10	Требуется специальный анализ

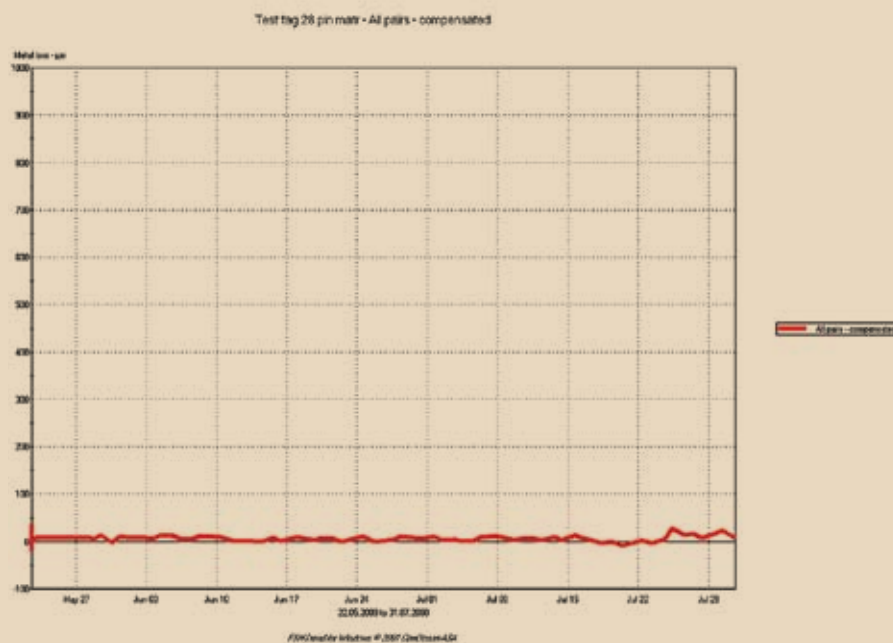


Рис. 1. Показатели коррозии в течение испытаний

заливался раствор NACE (водный раствор 5% NaCl и 0,5% уксусной кислоты). В процессе испытаний через стенд барботировался сероводородосодержащий газ со скважины № 8 Астраханского ГКМ. В стенд были также помещены стандартные сборки образцов-свидетелей коррозии. Срок проведения стендовых испытаний – 1440 часов или достижение значимых коррозионных повреждений глубиной свыше 0,5 мм. 22 мая 2008 г. был завершён монтаж оборудования и начаты испытания. Некоторые этапы монтажа приведены на рисунках (подготовка поверхности, приварка сенсоров, монтаж контрольных проводов, снятие первичных измерений).

На рис. 1 показаны данные по усредненной коррозии после проведения температурной компенсации (по всем парам штифтов). Температурная компенсация основана на результатах замеров в начале испытаний (низкая температура) и последних замеров, снова при низкой температуре испытательной трубной катушки.

28 августа 2008 г. в присутствии комиссии ОАО «Газпром» испытания были завершены; стенд демонтирован и разрезан на два сегмента для оценки фак-

тического коррозионного состояния. Фактическое состояние испытательного стенда подтвердило показания системы FSM о незначительных коррозионных повреждениях.

В связи с тем что коррозионные повреждения стенда (сегмента трубы) оказались ниже разрешающей способности FSM-ИТ, были проведены дополнительные испытания. Суть дополнительных испытаний – механическое



Рис. 2. Внешний вид модели трубы с матрицей из чувствительных штифтов

# МОНИТОРИНГ



Рис. 3. Внешний вид модели трубы с подключенным оборудованием FSM IT

снятие слоя металла с внутренней поверхности сегмента трубы для имитации коррозионных повреждений различной конфигурации, оценка параметров этих повреждений аппаратурой FSM и с помощью ультразвуковой толщинометрии. На рис. 2 и 3 приведен внешний вид модели трубы, на которой проводились дополнительные испытания. На рис. 4 показана фактическая модель с искусственно нанесенными дефектами и соответствующие результаты измерений FSM аппаратурой.

**ОПИСАНИЕ ДОПОЛНИТЕЛЬНЫХ ИСПЫТАНИЙ, ПРОВЕДЕННЫХ С ЦЕЛЬЮ ДЕМОНСТРАЦИИ СПОСОБНОСТИ СИСТЕМЫ FSM ВЫПОЛНЯТЬ КОЛИЧЕСТВЕННУЮ ОЦЕНКУ ЛОКАЛЬНЫХ И ОБЩИХ ПОВРЕЖДЕНИЙ ТРУБЫ ИЗ УГЛЕРОДИСТОЙ СТАЛИ С ТОЛЩИНОЙ СТЕНКИ 6 ММ.**

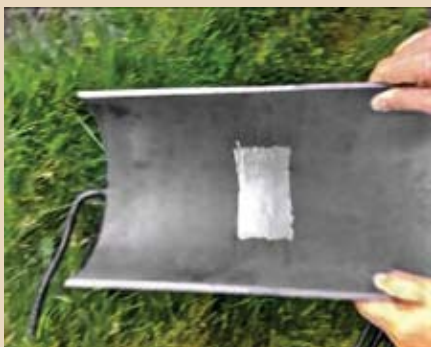


Рис. 5. Фотографии испытательной матрицы и процесса шлифования



Рис. 6. Двухмерный график по всем парам чувствительных штифтов



Рис. 4. Внутренний вид модели трубы с искусственно нанесенными дефектами, имитирующими повреждения от коррозии

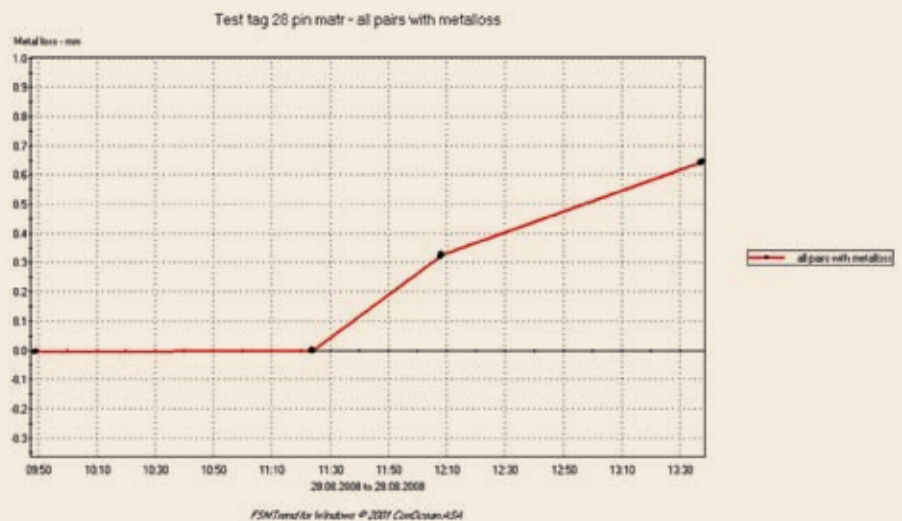


Рис. 7. Трехмерная диаграмма матрицы перед снятием материала стенки

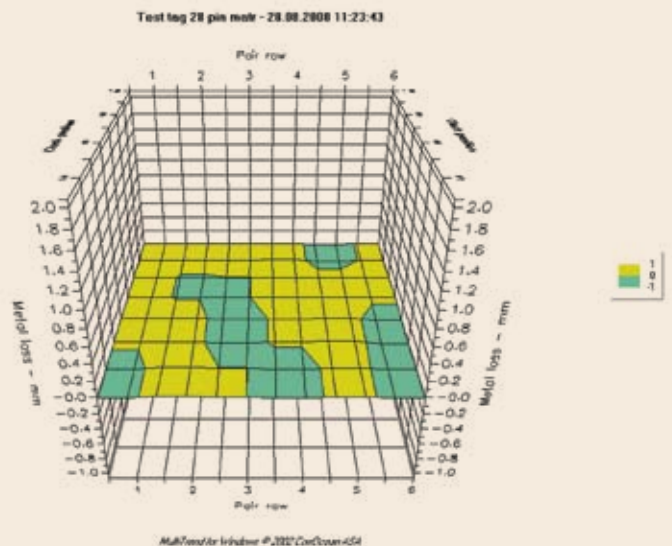


Рис. 8. Трехмерная диаграмма матрицы после снятия 0.3 мм стенки трубы

В ходе испытаний производилась поэтапная шлифовка образца в области матрицы, имитирующая коррозионные повреждения, с целью моделирования потери металла более 0,5 мм.

Для демонстрации способности количественной оценки локального дефекта было выполнено локальное снятие материала (20x20 мм) на глубину 0,5 мм (рис. 5).

**Этап 1.** На внешней стенке модели устанавливается измерительная матрица из 28 чувствительных штифтов, эталонная пара штифтов и два температурных датчика. Затем выполняется первое снятие сигнатуры (рис. 7).

**Этап 2.** Область матрицы размечается на внутренней стенке модели с последующим снятием 0,3 мм толщины стенки методом шлифования. Производятся замеры с представлением результатов в виде двухмерного графика и трехмерной диаграммы (рис. 6 и 8).

**Этап 3.** Производится повторное снятие 0,3 мм внутренней стенки модели (при этом общая потеря металла составила 0,6 мм) (рис. 6 и 9).

**Этап 4.** Создан локальный дефект, имитирующий локальную коррозию с последующим выполнением замеров (рис. 10).

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенная ультразвуковая толщинометрия подтвердила результаты измерений толщины стенки модели, полученные с помощью аппаратуры FSM.

Таким образом, результатами проведенных 2-месячных испытаний СМК «Роксар» – FSM на стенде, в присутствии реальных промышленных сред, является следующее.

1. Подтверждена функциональная работоспособность системы СМК «Роксар».
2. Дополнительные модельные испытания подтвердили заявленную разрешающую способность системы СМК «Роксар»: уменьшение толщины стенки модели трубы соответствует фактическому уменьшению как по типу общей, так и локальной коррозии.
3. Испытания показали простоту и удобство эксплуатации СМК «Роксар».
4. Рассматривается вопрос о применении СМК «Роксар» на объектах ООО «Газпром добыча Астрахань» с опасными в коррозионном и эрозионном отношении участками.

## ООО «РОКСАР СЕРВИСЗ»

115 054, г. Москва,  
ул. Дубининская, д. 53, стр. 5  
Тел.: +7 (495) 504-34-05  
Факс: +7 (495) 504-34-06  
E-mail: metering.moscow@roxar.com

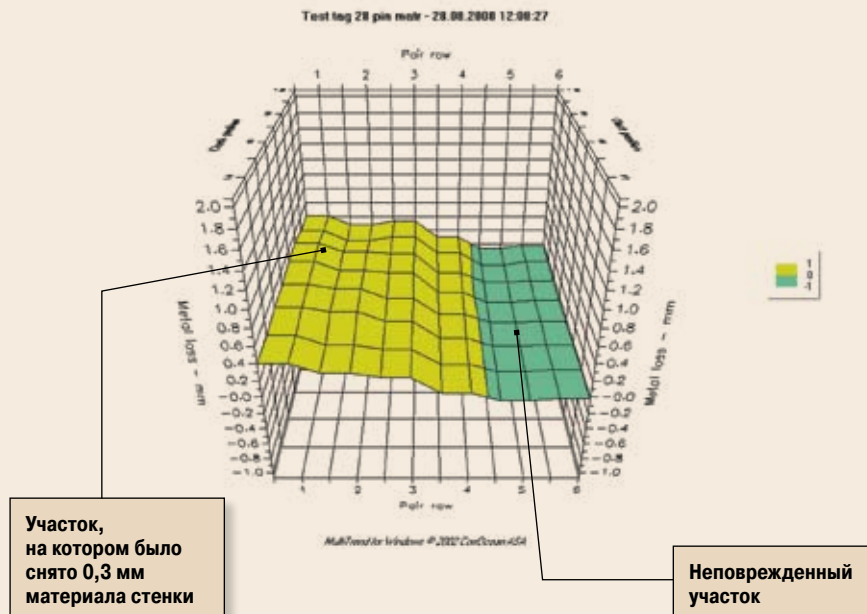


Рис. 9. Трехмерная диаграмма после снятия 0,6 мм стенки трубы

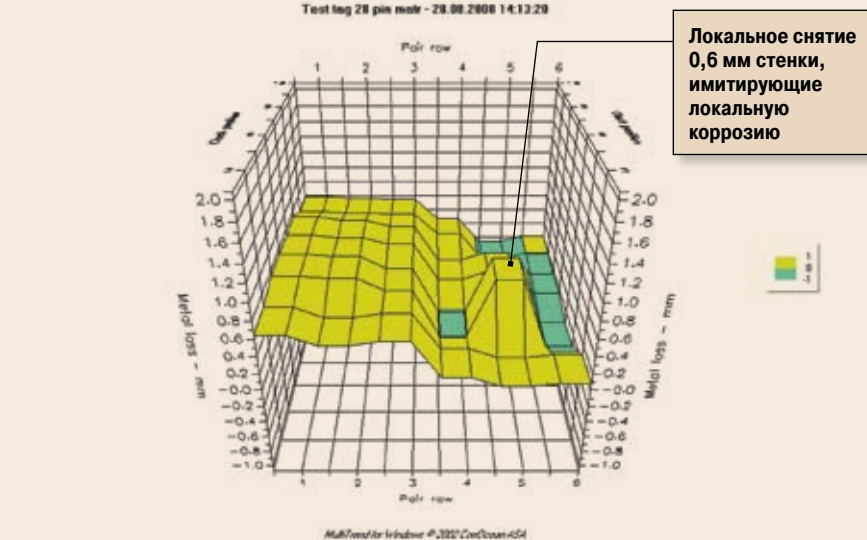
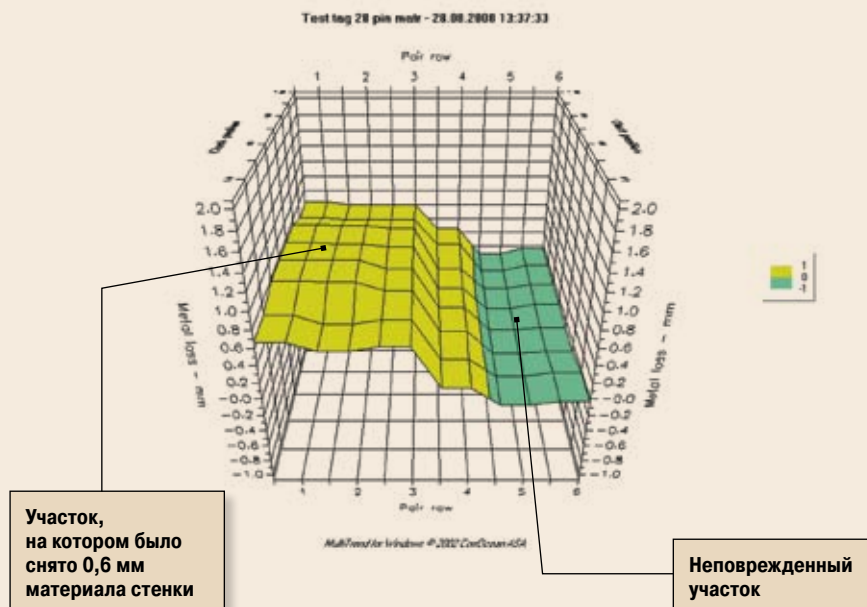


Рис. 10. Трехмерная диаграмма, демонстрирующая местный дефект