

Применение эксергетического подхода позволяет, с одной стороны, оценить энергетическую эффективность использования сжиженных газов, с другой – их пожарную опасность при доставке потребителям.

Рост производства и потребления СУГ требует решения многих проблем, в том числе связанных с обеспечением ПВБ. Универсальность эксергетического метода определяется преодолением методологических проблем и возможностью учета показателей энерго-экологической эффективности и пожарной опасности в единой системе.

Литература

1. Рачевский Б.С. Сжиженные углеводородные газы. М.: Нефть и газ, 2009. 640 с.
2. Громова М.П., Вареничев А.А., Гудзенко В.Т. Мировые тенденции к переходу на сжиженный газ // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2015. № 7.
3. Абдурагимов И.М., Куприн Г.Н. Нерешенные проблемы пожаровзрывобезопасности энергоресурсов (СУГ и СПГ) как оборотная сторона успехов энергетической стратегии Российской Федерации // Пожаровзрывобезопасность. 2014. № 4. С. 42–50.
4. Тагиев Р.М. Первые в мировой практике широкомасштабные испытания по проливу сжиженного природного газа и последующего его горения в рамках научно-технического сотрудничества ООО «Газпром газобезопасность» и «GDF Suez S.A.» // Безопасность объектов топливно-энергетического комплекса. 2013. № 2. С. 58–61.
5. Маршалл В.К. Основные опасности химических производств. М.: Мир, 1989. 672 с.
6. ГОСТ Р 57431–2017 (ИСО 16903:2015) Газ природный сжиженный. Общие характеристики. М.: Стандартинформ, 2017. 12 с.
7. ГОСТ 27578-87. Газы углеводородные сжиженные для автомобильного транспорта. М.: ИПК Изд-тво стандартов, 2004. 16 с.
8. Шаргут Я., Петела Р. Эксергия: пер. с польск. М.: Энергия, 1968. 280 с.
9. Эксергетический подход к оценке энергоэкологической эффективности и пожарной опасности грузовых перевозок на железнодорожном транспорте / Л.А. Королева [и др.] // Пожаровзрывобезопасность. 2018. Т. 27. № 7-8. С. 43–52.
10. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности: Федер. закон от 22 июля 2008 г. № 123-ФЗ. URL: www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_78699/ (дата обращения 21.11.2018).

УМЕНЬШЕНИЕ ПРОЦЕССА КОРРОЗИИ МЕТАЛЛА ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ ПЕРЕМЕННОГО ЧАСТОТНО-МОДУЛИРОВАННОГО СИГНАЛА

А.В. Иванов, кандидат технических наук;

И.Л. Скрипник, кандидат технических наук, доцент;

С.В. Воронин, кандидат технических наук, доцент.

Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

Представлены обобщенные результаты исследований коррозионного износа стальных вертикальных пластин. Показано, что исследование изменения рельефа образца целесообразно проводить с помощью сканирующего зондового микроскопа. При коррозионном воздействии масса образца уменьшается в 1,5–2 раза за 60 сут. Предложены алгоритмы определения коррозионного воздействия на металлы с помощью сканирующего

зондового микроскопа и определения раннего обнаружения процесса коррозии при транспортировке нефтепродуктов.

Ключевые слова: коррозия, способ, металл, агрессивная среда, нефть, электрофизический способ, масса, алгоритм, сканирующий зондовый микроскоп, рельеф, режим

THE REDUCTION PROCESS OF METAL CORROSION WHEN EXPOSED TO AN ALTERNATING FREQUENCY-MODULATED SIGNAL

A.V. Ivanov; I.L. Skrypnyk; S.V. Voronin.

Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia

The generalized results of studies of corrosion wear of steel vertical plates are presented. It is shown that the study of changes in relief samples should be carried out using a scanning probe microscope. When exposed to corrosion, the mass of the sample is reduced by 1,5–2 times in 60 days. Algorithms for determining the corrosion effect on metals using a scanning probe microscope and determining the early detection of corrosion during transportation of petroleum products are proposed.

Keywords: corrosion, method, metal, aggressive environment, oil, electrical method, mass, algorithm, scanning probe microscope, landscape, mode

В настоящее время защита металлов от коррозии представляет собой важнейшую научно-техническую и экономическую задачу, так как она занимает большое место в обеспечении безопасности объектов нефтегазового комплекса (НГК). Коррозия вызывает быстрое разрушение и износ трубопроводов, цистерн, металлических частей машин, корпусов судов, морских сооружений. Она приводит к большим и часто безвозвратным потерям металлов, что составляет 10–20 % от ежегодного выпуска стали.

На магистральных газопроводах развиваются специфические дефекты, которых пока практически нет на других трубопроводах – коррозионное растрескивание под напряжением (стресс-коррозия). Этот вид разрушения газопроводов стал самым опасным в последние годы.

Коррозия корпусов судов, перевозящих нефтепродукты, так же является причиной возникновения аварийных ситуаций. На водных акваториях она проявляется быстрее, чем при пресной воде. В верхней части танкера образуются капли кислоты, разъедающие металл. На дне танкера происходят биологические взаимодействия.

При биологической коррозии, в условиях взаимодействия микроорганизмов с нефтепродуктами, возможно образование кислот, которые разъедают корпуса судов с большой скоростью (порядка 0,01 г/м²·ч).

Разрушение оборудования вследствие коррозии приводит к значительным социальным и материальным потерям, пожарам и авариям. Ввиду этого, разработка новых методов борьбы с коррозией является важной, актуальной научной и практической задачей.

Анализ существующих методов защиты от коррозии показал, что одним из перспективных способов защиты является электрофизический метод воздействия в веществе и на границе раздела фаз [1].

Принцип электрофизического метода защиты от коррозии состоит в воздействии переменного частотно-модулированного сигнала (ПЧМС), который приводит к изменению физико-химических свойств и молекулярной структуры материалов для их оптимального применения в различных технологических процессах [2].

Анализ литературных источников показал, что данный метод защиты позволяет в 1,5–3 раза снизить влияние коррозионной среды на металлические изделия [1, 3].

Анализ возможности применения представленного метода предотвращения коррозионного воздействия на оборудование объектов НГК был проведен на типовом технологическом участке железнодорожной сливо-наливной эстакады (рис. 1), как наиболее распространенного сооружения для всех крупных нефтебаз и нефтеперерабатывающих заводов. Вследствие коррозионного износа технологического оборудования возможны локальные проливы (истечения) нефти и нефтепродуктов с дальнейшим образованием горючей среды.

Проведен расчет истечения жидкости в соответствии с методом оценки опасных факторов пожара согласно Приказу МЧС РФ от 10 июля 2009 г. № 404 «Об утверждении методики определения расчетных величин пожарного риска на производственных объектах» (с изменениями и дополнениями) с помощью программы «Mathcad».

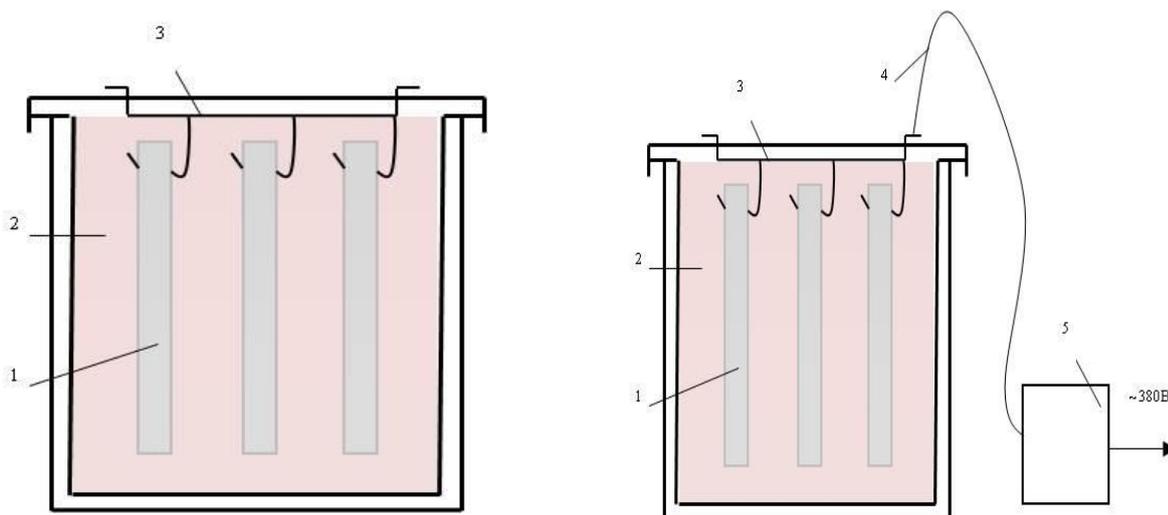
Решение задачи по коррозионному разрушению оборудования – цистерны, находящейся на сливо-наливной эстакаде с эквивалентной площадью отверстия 4 см^2 показал, что за 60 с истечения может происходить разлив порядка 100 л нефтепродукта. В связи с этим возможно возгорание, распространение пожара как на территории сливо-наливной эстакады, так и за ее отбортовкой.



Рис. 1. Схема железнодорожной сливо-наливной эстакады

Анализ результатов расчетов показывает, что при коррозионном разрушении оборудования возникает необходимость разработки экспресс-способа по оценке коррозионной активности жидкости, в том числе и нефтепродуктов.

Для исследования замедления коррозионных процессов в агрессивных средах использовался генератор ПЧМС (ТУ 4218-001056316494–2004). Лабораторные коррозионные испытания проводились по ГОСТ Р 9.905–2007 с подачей ПЧМС на образцы, в качестве которых использовались стальные пластины (материал ст. 3; состояние поверхности – без защитных покрытий; форма заготовки – лист; размеры 100×50 мм, толщина 1 мм), расположенные вертикально, то есть вся испытываемая поверхность образца подвергалась воздействию коррозионной среды (рис. 2). Оценка коррозионной стойкости стальных пластин проводилась по изменению внешнего вида образца и их массы при нормальных климатических условиях (ГОСТ 15150).



**Рис. 2. Схема лабораторной установки электрофизического метода:
1 – стальная пластина; 2 – агрессивная среда;
3 – электрод; 4 – проводник; 5 – прибор**

Сначала проходила подготовка плоских образцов – металлических пластин. Их поверхности очищали и обезжировали с помощью мягких щеток и ваты обезжиривателем (ТУ 2319-101-00205357–2009). После этого образцы брались только за торцы руками в хлопчатобумажных перчатках.

На следующем этапе жидкости (образцы бензина (Аи-95), керосина авиационного и нефти) разливались в две емкости, по две для каждого продукта.

Затем от подключенного прибора с помощью проводника на испытываемые образцы, помещенные в агрессивную среду, подавался ПЧМС. Так же в аналогичную агрессивную среду помещались пластины без воздействия на них ПЧМС (рис. 3).

Смывалась образующаяся коррозия в пробирки с дистиллированной водой с помощью щавелевой кислоты. Если коррозионные частицы имели крупный размер, то использовали ультразвуковую ванну для раздробления их на более мелкие частицы.



Рис. 3. Исследование пластин в агрессивной среде с подачей ПЧМС

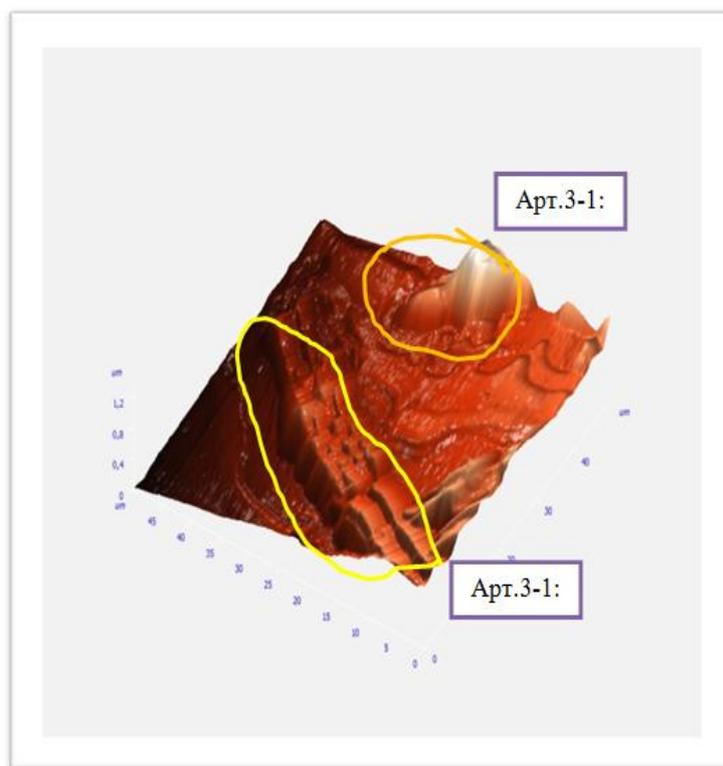
Затем происходило взвешивание и осмотр испытываемых образцов на изменение внешнего вида поверхности: цвета; наличия и образования видимых коррозионных изъянов.

Для извлечения частиц из пробирки использовался шприц. Затем с помощью него на подложку наносили 2–3 капли исследуемого образца. После их высыхания исследование твердого остатка проводилось с помощью атомно-силового микроскопа (АСМ). Результаты сканирования выводились на экран монитора компьютера как в 2D, так и в 3D режимах.

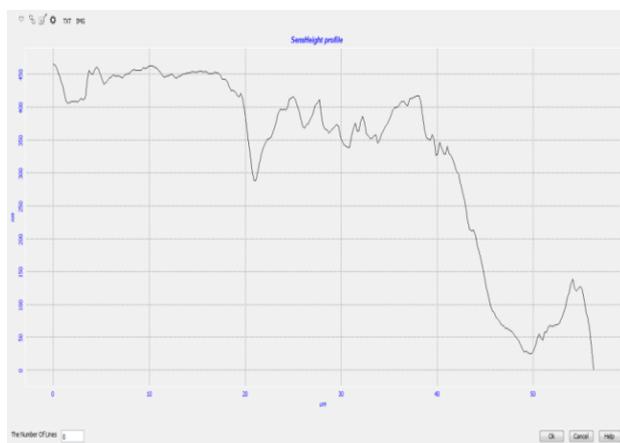
Общая продолжительность испытания проводилась по геометрической прогрессии 1, 2, 4, 8, 16 сут.

На рис. 4 а, б показано коррозионное разрушение без влияния ПЧМС (нефть контрольный образец) и с его воздействием (нефть прибор).

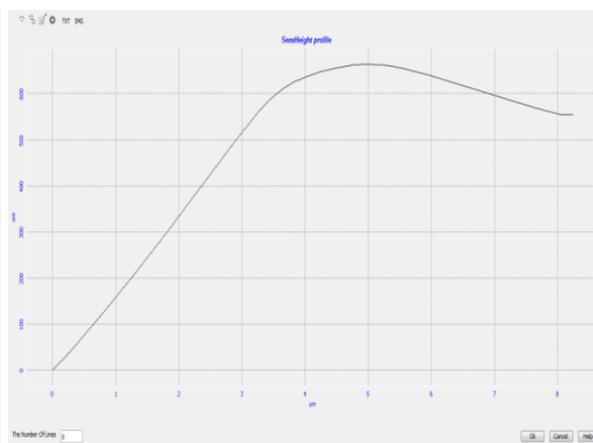
На рис. 5 и 6 приведены исследования рельефа образца с помощью программного продукта Image Analysis 3.5. Нефть (контрольный образец, без воздействия ПЧМС) и нефть (контрольный образец, при воздействии ПЧМС).



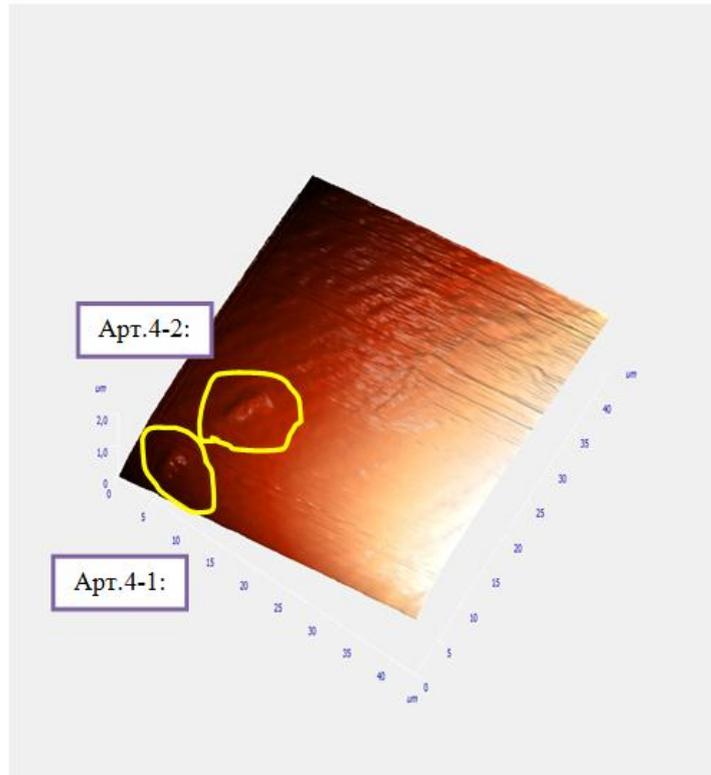
а) нефть контрольный образец



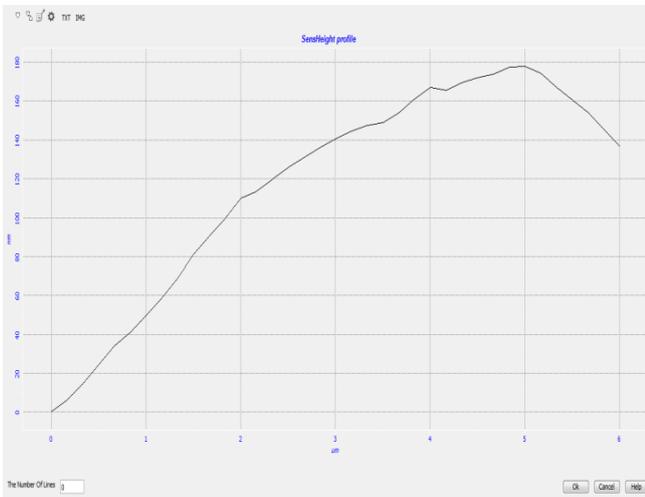
Арт. 3-1: 57,38x12,53x0,58 мкм



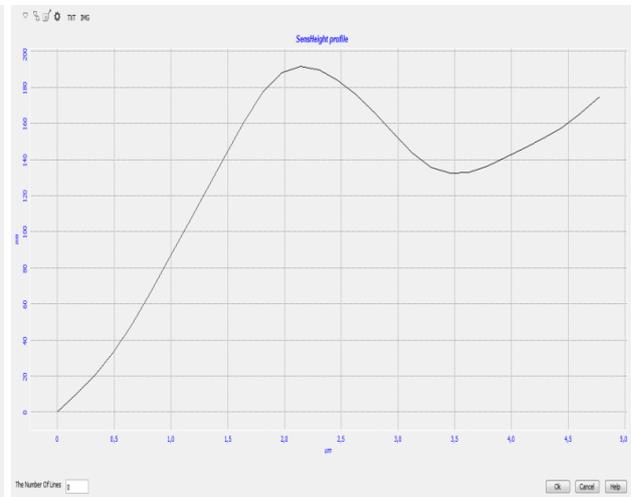
Арт. 3-2: 18,04x9,64x0,62 мкм



б) нефть прибор



Арт. 4-1: 3,68x4,14x0,155



Арт. 4-2: 6,23x3,44x0,150

Рис. 4. Коррозионное разрушение без влияния ПЧМС (нефть контрольный образец) и с его воздействием (нефть прибор)

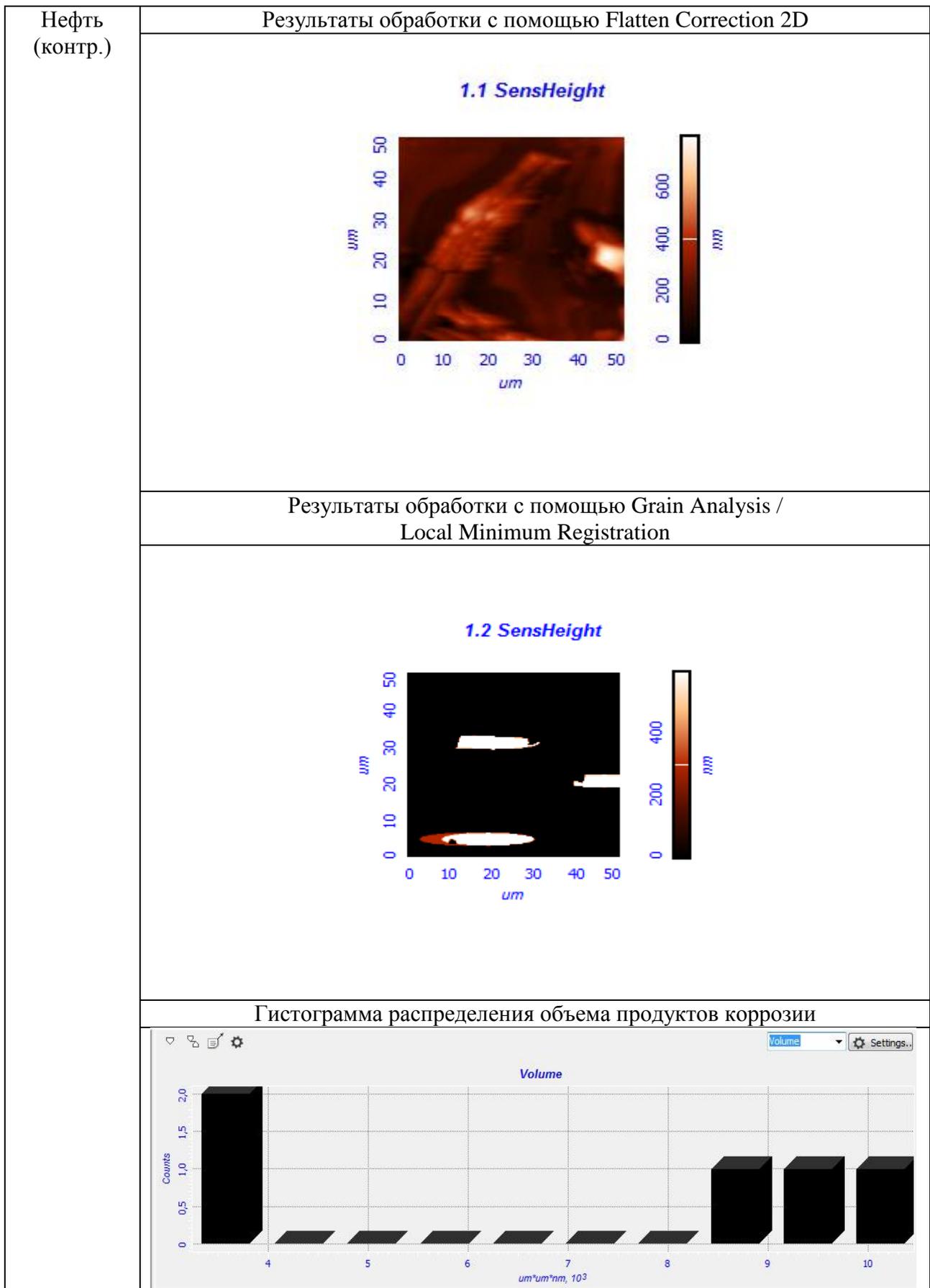


Рис. 5. Исследование рельефа образца с помощью программного продукта Image Analysis 3.5. Нефть (контрольный образец, без воздействия ПЧМС)

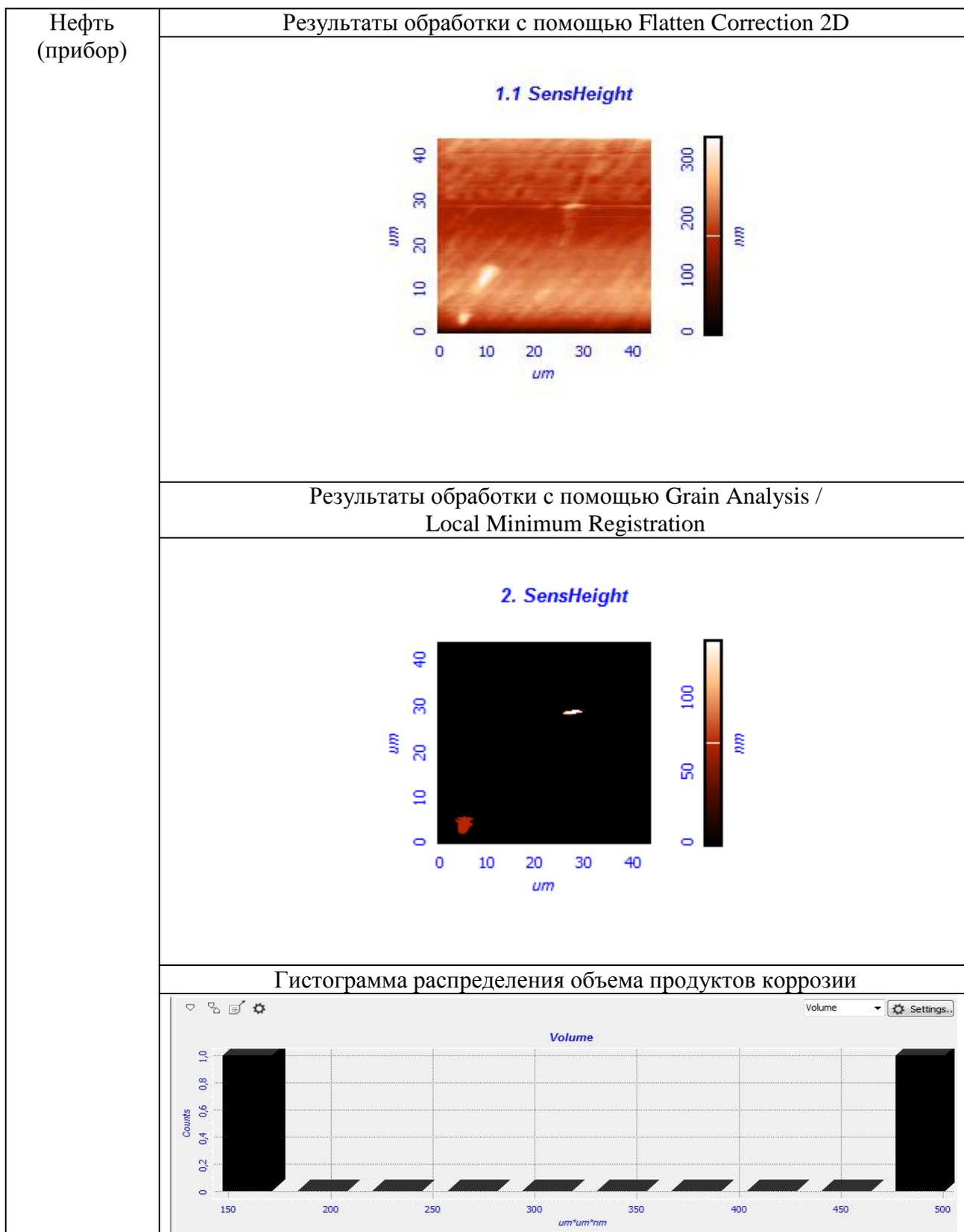


Рис. 6. Исследование рельефа образца с помощью программного продукта Image Analysis 3.5. Нефть (контрольный образец, при воздействии ПЧМС)

Оценка поведения следов коррозии проводилась вычитанием поверхности с помощью функции Flatten Correction 2D. Выравниванием подложки осуществлялась обработка образцов для выявления коррозионных пятен, построения гистограммы, характеризующейся процентным значением продуктов коррозии. Данный способ защиты от коррозии металлов формализован в виде алгоритма, представленного на рис. 7.



Рис. 7. Алгоритм определения коррозионного воздействия на металлы с помощью СЗМ

На основании рассмотренного алгоритма подготовлен алгоритм раннего обнаружения коррозии при транспортировке нефтепродуктов (ГОСТ 2917–76*), показанный на рис. 8.

Результаты, которые были получены с помощью АСМ, позволяют довольно в короткие сроки идентифицировать коррозионную активность веществ и материалов.

Также через 30 дней определялась относительная величина потери массы изделий, но в растворах пенообразователя 30 % и 60 %; уксусной кислоты 25 % и 50 %; водном растворе хлорида натрия 20 % и в морской воде. Анализ результатов расчета показал, что при воздействии ПЧМС с частотой 50 Гц относительная потеря массы образца составила от 0,076 % (при морской воде) до 0,85 % (при 25 % растворе уксусной кислоты).

Коррозионный износ оборудования в топливно-энергетическом комплексе является одной из распространенных причин возникновения пожара и других аварийных ситуаций, приводящих к значительным материальным потерям, угрозе жизни, здоровью людей и нанесению вреда экологии.

Существующие оценки коррозионной активности не позволяют достаточно оперативно и точно спрогнозировать коррозионную активность веществ. Для оперативной оценки коррозионной активности веществ предлагается использовать метод АСМ, основанный на визуальной и качественной оценке осажденных продуктов коррозии с очень высокой точностью до 100 Нм по рельефу поверхности образца.



Рис. 8. Алгоритм определения раннего обнаружения процесса коррозии при транспортировке нефтепродуктов

Воздействие ПЧМС на быстроту снижения массы металла определяется емкостным током на границе пограничного слоя, замедляющимися процессами диффузий ионов металла в среду коррозии.

Данный метод позволит уменьшить негативные влияния коррозионных процессов, спрогнозировать поведение конструктивных веществ в агрессивных средах.

Литература

1. Иванов А.В., Скрипник И.Л., Воронин С.В. Исследование процессов электризации при обращении с модифицированными наножидкостями и лакокрасочными материалами // Проблемы управления рисками в техносфере. 2018. № 3 (47). С. 107–112.
2. Нейросетевое моделирование условий обеспечения электростатической искробезопасности процессов транспортировки модифицированных углеводородных жидкостей на основе экспериментальных данных / А.Ю. Сорокин [и др.] // Вестник Уральского института ГПС МЧС России. 2018. № 1 (18). С. 63–76.
3. Научно-методические основы управления электростатическими свойствами жидких углеводородов для обеспечения пожарной безопасности предприятий нефтегазового комплекса / А.В. Иванов [и др.] // Вестник Уральского института ГПС МЧС России. 2018. № 2 (19). С. 98–109.

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ОРГАНИЗАЦИИ ЛИКВИДАЦИИ ПОСЛЕДСТВИЙ АВАРИЙ НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ ТРАНСПОРТЕ ПРИ ПЕРЕВОЗКЕ АВАРИЙНО ХИМИЧЕСКИ ОПАСНЫХ ВЕЩЕСТВ В СЛУЧАЕ ТЕРРОРИСТИЧЕСКИХ АКТОВ

**О.Н. Савчук, кандидат технических наук, профессор,
заслуженный работник высшей школы Российской Федерации;
М.Д. Маслаков, доктор технических наук, профессор.
Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России.
В.Н. Громов, доктор технических наук, профессор.
Военный институт (инженерно-технический) Военной академии
материально-технического обеспечения им. генерала армии А.В. Хрулева**

Рассматриваются проблемы организации ликвидации последствий аварий на железнодорожном транспорте при перевозке аварийно химически опасных веществ с учетом особенностей в случае террористических актов и даны рекомендации по совершенствованию отдельных мероприятий ликвидации последствий.

Ключевые слова: аварийно химически опасное вещество, отсекающая водяная завеса, изоляция «зеркала» аварийно химически опасного вещества пеной

IMPROVING THE ORGANIZATION OF LIQUIDATION OF CONSEQUENCES OF ACCIDENTS ON RAILWAY TRANSPORT WHEN TRANSPORTING HAZARDOUS CHEMICAL SUBSTANCES IN TERRORIST ATTACKS

O.N. Savchuk; M.D. Maslakov.
Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia.
V.N. Gromov.
Military institute (engineering and technical) of Military academy of logistics
named after General of the Army A.V. Khrulev

The article deals with problems of elimination of consequences of accidents in railway transport when transporting emergency and hazardous chemical substances with account of peculiarities in the case of terrorist acts, and provided recommendations for the improvement of individual activities.