

эксплуатационные нормы. – М.: Химическая техника, 2011. – 18 с.

4. СТО 03-002-12. Стандарт организации. Поршневые компрессоры нефтеперерабатывающих, нефтехимических и химических предприятий. Эксплуатация, технический надзор, ревизия, отбраковка и ремонт / Контроль состояния компрессоров в процессе эксплуатации // В.Н. Костюков, А.П. Науменко. – Волгоград, 2013. – С. 178–189.

5. ГОСТ Р 56233-2014. Контроль состояния и диагностика машин. Мониторинг состояния оборудования опасных производств. Вибрация стационарных поршневых компрессоров.

6. В.Н. Костюков, А.П. Науменко, Нормативно-методическое обеспечение мониторинга технического состояния поршневых компрессоров // Контроль. Диагностика. – 2005. – № 11. – С. 20.

7. Стандарты в области мониторинга технического состояния оборудования опасных производств / В.Н. Костюков, А.П. Науменко [и др.] // Безопасность труда в промышленности. – 2012. – № 7. – С. 30-36.

8. ГОСТ Р 53564–2009. Контроль состояния и диагностика машин. Мониторинг состояния оборудования опасных производств. Требования к системам мониторинга. М.: Стандартинформ, 2010. 20 с.

широкого класса агрегатов ПК и содержит многоуровневую автоматическую экспертную систему. Это позволяет внедрять системы мониторинга в условиях априорной неопределенности, когда часто неизвестны типы подшипников, число лопаток импеллера и т.д. и минимизировать статическую, динамическую ошибки и риск пропуска отказа оборудования. Техническое состояние агрегата  $S_1$ , зависящее от режима его работы  $S_0$  и уровня накопленных погрешностей изготавления, ремонта и эксплуатации  $S$ , на основании работ академика Н.Г. Бруевича представим в общем виде:

$$S_1 = S_0 + S(t) = S(n_0, p_0) + \sum_{j=1}^m \frac{\partial S}{\partial q_j} \Delta q_j(t), \quad (1)$$

где  $S_0 = S(n_0, p_0)$  - составляющая, которая характеризует механизм с минимальными, близкими к нулю, обобщенными технологическими и эксплуатационными погрешностями, который работает в диапазоне номинальных скоростных ( $n_0$ ) и нагрузочных ( $p_0$ ) режимов;  $\Delta q_j = X_j$  -  $j$ -я погрешность механизма, заложенная при изготовлении ( $t = 0$ ), развивающаяся во времени и определяющая износ, или, в общем случае, степень деградации механизма и степень его старения;  $\partial S / \partial q_j$  - чувствительность обобщенной погрешности  $S$  к  $j$ -й погрешности механизма по соответствующей обобщенной координате  $q_j$ .

Динамическая модель состояния и вибрации агрегата на интервале жизни с учетом человеческого фактора устанавливает экспоненциальную форму связи между диагностическими признаками  $Y$ , структурными параметрами  $S$  и остаточным ресурсом  $T$ :

$$\dot{Y} = [a] e^{[a]T} \{Y_0\}; \quad \dot{S} = [C]^{-1} [a] e^{[a]T} \{Y_0\} \quad (2)$$

Практическая реализация изложенных теоретических подходов в системах комплексного мониторинга КОМПАКС®, использующих различные методы диагностирования – виброакустические, акусто-эмиссионные, тепло-, электро- и др., обеспечило их широкое внедрение, более 500 за последние 20 лет, на предприятиях ОАО «Газпром», ОАО «Лукойл», ОАО «Роснефть», ОАО «РЖД» и др., а также за рубежом, на отечественном и импортном оборудовании более 1700 типов.

УДК 620.179:621.37

Костюков В.Н. д.т.н., профессор, генеральный директор (ООО НПЦ «Динамика», Омский государственный технический университет);  
Костюков А.В., к.т.н., технический директор (ООО НПЦ «Динамика»)

## МОНИТОРИНГ НЕИСПРАВНОСТЕЙ ОБОРУДОВАНИЯ В РЕАЛЬНОМ ВРЕМЕНИ

Мониторинг технического состояния агрегата – наблюдение за процессом изменения его работоспособности с целью предупреждения персонала о достижении предельного состояния – позволяет перевести большинство отказов из категории внезапных для персонала в категорию постепенных за счет раннего их обнаружения и своевременного его предупреждения. Мониторинг в реальном времени имеет ряд существенных отличий от «on line/off line» мониторинга, которые заключаются в строгом регламентировании интервала мониторинга – Таблица - на уровне 10-20% интервала самого быстрого развития неисправностей в оборудовании производственных комплексов (ПК), что возможно только на базе автоматических систем с функционально неопределенной структурой, которая не зависит от конструкции оборудования для

Таблица 1. Мониторинг в реальном времени  
(Real time monitoring)

МОНИТОРИНГ			
Функция	ON LINE	REAL TIME	OFF LINE
1.Подготовка объекта и аппаратуры	Измерения с минимальным интервалом	Выполнение всех процедур 1-7 регламентировано общим интервалом, не превышающим 10-20% самого короткого интервала развития неисправностей.	Выполнение всех процедур 1-4 с по мере необходимости. Интервал времени не
2.Измерение информативных параметров и сигнализация			
3.Постановка и документирование диагноза			
4.Оформление диагностического предписания			
5.Доставка персоналу предписания для выполнения корректирующих мероприятий	Интервал времени для процедур 3-7 не регламентирован.	Необходимость автоматизации всех процедур 1-7 для обеспечения мини-мальной статической ошибки и динамической ошибки и риска пропуска отказа обо-рудования - $r=s+d$	Интервал времени для процедур 5-7 не регламентирован. Процедуры 5-7 не наблюдаются!
6.Осуществление корректирующих мероприятий по восстановлению работоспособности объекта	Процедуры 3-7 не наблюдаются!		
7.Контроль руководством действий персонала и их коррекция при необходимости			

#### Библиографический список

1. Костюков В.Н. Мониторинг безопасности производства. - М.: Машиностроение, 2002. - 224 с.
2. Костюков В.Н., Бойченко С.Н., Костюков А.В. Автоматизированные системы управления безопасной ресурсосберегающей эксплуатацией оборудования нефтеперерабатывающих и нефтехимических производств (АСУ БЭР - КОМПАКС). - М.: Машиностроение, 1999. - 163 с.

Варепо Л.Г., доцент (Омский государственный технический университет, кафедра Метрология и приборостроение), Нагорнова И.В., зав. лабораторией Электронной микроскопии (Московский государственный университет печати), Трапезникова О.В., ассистент (Омский государственный технический университет, кафедра Автоматизация и робототехника)

#### ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ ЭЛЕКТРОННОЙ МИКРОСКОПИИ ДЛЯ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА ПОВЕРХНОСТЕЙ ЛАКОКРАСОЧНЫХ ПОКРЫТИЙ

Данная работа посвящена развитию комплексной методики с использованием электронной микроскопии для неразрушающего контроля качества различных поверхностей с лакокрасочным покрытием, включая материалы для упаковки различных видов продукции, выполняющего защитную и информационную функции. Для количественной и качественной оценки качества поверхности до и после нанесения лакокрасочного покрытия использовали критерии: шероховатость и текстура поверхности, укрывистость покрытия с подложкой.

Оценку характеристик микрогеометрии поверхности осуществляли с использованием лазерного сканирующего конфокального микроскопа KEYENCE VK-9700 Generation II, позволяющего проводить бесконтактные измерения путём получения трехмерных координат точек рельефа поверхности лазерным сканированием исследуемого образца подложки (Рис.1). Для описания и детализации структуры поверхности применялись феноменологические характеристики, которые определены в терминах микрогеометрии и классической статистики].

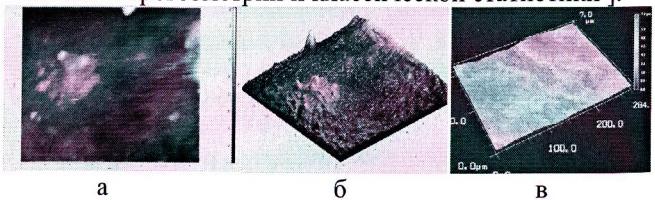


Рис. 1. Визуализация поверхности подложки:  
а – SEM-изображение поверхности, полученные в режиме топографии;  
б, в – 3D визуализация поверхности

SEM-изображения поверхности до и после нанесения лакокрасочного покрытия получены на сканирующем электронном микроскопе JSM 7500F (Jeol) в режиме детектирования вторичных электронов при ускоряющих напряжениях от 0,5 до 2 кВ и сканирующем электронном микроскопе Quanta 200 в режиме низкого вакуума (Рис.2).



Рис. 2. а – SEM-изображение дефекта в лакокрасочном покрытии; б, в – Распределение элементов лакокрасочной композиции в структуре подложки



ОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

# НЕФТЕХИМИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ



ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИЯ  
НЕФТЕХИМИЧЕСКОГО  
И НЕФТЕГАЗОВОГО  
ПРОИЗВОДСТВА

OIL AND GAS ENGINEERING 2015

Материалы 5-й международной  
научно-технической конференции  
Омск (25 - 30 апреля 2015г.)

Министерство образования Омской области  
Институт проблем переработки углеводородов СО РАН  
Омский научный центр СО РАН

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
«Омский государственный технический университет»

Нефтехимический институт ОмГТУ

**ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИЯ  
НЕФТЕХИМИЧЕСКОГО  
И НЕФТЕГАЗОВОГО ПРОИЗВОДСТВА**

Материалы  
5-й международной научно-технической конференции  
(Омск, 25 – 30 апреля 2015 г.)

Омск 2015

УДК 66  
ББК 35.11  
Т38

Редакционная коллегия:

Лихолобов В.А. – д.х.н., член.-корр. РАН  
Мышлявцев А.В. – профессор, д.х.н.,  
Штриплинг Л.О. – профессор, д.т.н.,  
Юша В.Л. – профессор, д.т.н.,  
Корнеев С.В. – профессор, д.т.н.,  
Кировская И.А. – профессор, д.х.н.,  
Воронкова Н.А.. – профессор, д.с.-х. н.,  
Белый А.С. – профессор, д.х.н.,  
Литунов С.Н. – профессор, д.т.н.,  
Карагусов В.И. – с.н.с., д.т.н.,  
Сердюк В.С. – профессор, д.т.н.

**Техника и технология нефтехимического и нефтегазового производства: материалы 5-й международной научно-технической конференции (Омск, 25-30 апреля 2015 г.). - Омск : Изд-во ИНТЕХ, 2015.**

ISBN 978-5-8042-0420-5

Рассмотрены актуальные вопросы нефтехимического, нефтегазового производства и смежных с ним тем.

Издание адресовано широкому кругу читателей - ученым, представителям организаций, студентам высших учебных заведений, учащимся старших классов школ, а также всем, кого интересуют проблемы и вопросы, связанные с нефтегазовой и нефтехимической промышленностью.

При участии и поддержке спонсоров:  
ОАО «Омсктехуглерод»,  
ОАО «Газпромнефть – ОНПЗ»,  
ООО НТК «Криогенная техника»,  
ЗАО «ГК»Титан»

ISBN 978-5-8042-0420-5

## **ОРГАНИЗАЦИОННЫЙ КОМИТЕТ КОНФЕРЕНЦИИ**

### **ПРЕДСЕДАТЕЛЬ**

**Лихолобов** Владимир Александрович – д.х.н., член.-корр. РАН,  
директор ИППУ СО РАН, председатель президиума Омского научного центра СО РАН,  
зав. кафедрой «Химическая технология переработки углеводородов» ОмГТУ;

### **ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР**

**Мышлявцев** Александр Владимирович – профессор, д.х.н.,  
проректор по учебной работе ОмГТУ;

### **ЗАМЕСТИТЕЛЬ ПРЕДСЕДАТЕЛЯ**

**Юша** Владимир Леонидович – профессор, д.т.н., декан Нефтехимического института  
ОмГТУ, зав. кафедрой «Холодильная и компрессорная техника и технология»;

### *Оргкомитет конференции:*

Косых А.В. – профессор, д.т.н.  
Штриплинг Л.О. – профессор, д.т.н.,  
Корнеев С.В. – профессор, д.т.н.,  
Кировская И.А. – профессор, д.х.н.,  
Фисюк А.С. – профессор, д.х.н.  
Воронкова Н.А.. – профессор, д.с.-х. н.,  
Белый А.С. – профессор, д.х.н.,  
Литунов С.Н. – профессор, д.т.н.,  
Карагусов В.И. – с.н.с., д.т.н.,  
Науменко Александр Петрович, д.т.н.  
Сердюк В.С. – профессор, д.т.н.  
Кропотин О.В. – доцент, к.т.н.

### *Рабочая группа:*

Федорова М.А. – доцент, к.ф.н.  
Горбунов В.А. – доцент, к.х.н.  
Фефелов В.Ф. – доцент, к.х.н.  
Шипунова А.А. – ассистент.  
Акименко С.С. – ассистент.  
Борисов В.А. – ст. преподаватель, к.х.н.  
Ваняшов А.Д. – доцент, к.т.н.  
Гаглоева А.Е. – доцент, к.т.н.  
Добренко А.М. – доцент, к.т.н.  
Утюганова В.В. – ассистент.  
Шубенкова Е.Г. - доцент, к.х.н.  
Ганиева Н.М. – ст. преподаватель  
Мирошниченко А.А. - доцент, к.х.н.

**Секция III**

**МОНИТОРИНГ, ДИАГНОСТИКА  
И АВТОМАТИЗАЦИЯ**

Печатается в авторской редакции

Компьютерная верстка А.В. Титов

Подписано в печать 23.03.2015г. Формат 60x84 1/8.  
Бумага ксероксная. Усл. Печ. Л. 31,75 Уч. Изд. Л. 25,2  
Тираж 250 экз.