

Безопасность труда в промышленности. – 2012. – № 7. – С. 30-36.

5. Стандарт ассоциации «РОСТЕХЭКСПЕРТИЗА» «Центробежные насосные и компрессорные агрегаты опасных производств. Эксплуатационные нормы вибрации» (СА 03-001-05). Серия 03/ Колл. авт. - М.: Издательство «Компрессорная и химическая техника», 2005. - 24 с.

6. Стандарт ассоциации «РОСТЕХЭКСПЕРТИЗА» «Системы мониторинга агрегатов опасных производственных объектов. Общие технические требования» (СА 03-002-05). Серия 03/ Колл. авт. - М.: Издательство «Компрессорная и химическая техника», 2005. - 42 с.

7. Костюков В.Н., Бойченко С.Н., Тарасов Е.В. Руководящий документ «Центробежные электроприводные насосные и компрессорные агрегаты, оснащенные системами компьютерного мониторинга для предупреждения аварий и контроля технического состояния типа КОМПАКС®. Эксплуатационные нормы вибрации». Утвержден Госгортехнадзором РФ и Министерством Топлива и Энергетики РФ от 22.09.1994г. Омск: 1994г. - 7с.

нормативы НЕ УДОВЛЕВОРЯЮТ требованиям мониторинга состояния ПК и безопасной их эксплуатации, как по номенклатуре измеряемых параметров, так и по номенклатуре контролируемых узлов.

В 2011 г. Научно-промышленным союзом «РИСКОМ» принят отраслевой стандарт СТО 03-007-11 [3], который практически полностью вошел в стандарт СТО 03-002-12 [4] по ремонту поршневых компрессоров.

Таблица 1. Параметры измерения вибрации, используемые в стандартах.

Стандарт	Год	Критерии	Диапазон частот	Тип машин
VDI 2056	1964	dP-P vRMS	2,5 Hz to 10 Hz 10 Hz to 1000 Hz	K, M, G, T, D, S
ISO 2372	1974	dAMPL vRMS	2,5 Hz to 10 Hz 10 Hz to 1000 Hz	I, II, III, IV, V, VI
DLI Eng. Corp.	1988	sP-P, vAMPL, aRMS	10 Hz to 1000 Hz	Поршневые машины
ISO 10816-6	1995	dRMS, vRMS, aRMS	2 Hz to 1000 Hz	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7
ISO/CD 10816-8	2012	dRMS, vRMS, aRMS	2 Hz to 1000 Hz	ПК 120 ... 1800 мин-1

УДК 620.179:331.821:338.486.1:006.057.2

Костюков В.Н. д.т.н., проф. генеральный директор НПЦ «Динамика»; Науменко А.П. д.т.н., проф. руководитель НУЦ «НеКоДиМ» НПЦ «Динамика»

## СТАНДАРТИЗАЦИЯ В ОБЛАСТИ ВИБРОДИАГНОСТИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА ПОРШНЕВЫХ КОМПРЕССОРОВ

Внедрение систем вибродиагностического мониторинга поршневых компрессоров (ПК) [1, 2], функционирующих на опасных производственных объектах (ОПО) нефтегазохимического комплекса (НХК), поставило проблему по обеспечению нормирования измеряемых параметров.

Одной из первых и фундаментальных разработок Союза немецких инженеров в области классификации уровней абсолютной вибрации (амплитуда виброскорости) поршневой машины (ПМ) является стандарт VDI 2056. Эти рекомендации получили признание и впоследствии практически полностью вошли в стандарт ISO 2372, а позже нашли свое развитие в ISO 10816-6, который дает рекомендации по оценке вибrosостояния восьми классов ПМ мощностью свыше 100 кВт. В 2012 г. принят стандарт ISO 10816-8, который устанавливает процедуры и руководящие принципы для измерения и классификации механической вибрации узлов и систем ПК.

Анализ указанных нормативно-методических документов (табл. 1) показал, что существующее

На основе стандартов [3, 4] разработан и 11 ноября 2014 г. утвержден ГОСТ Р 56233-2014 «Контроль состояния и диагностика машин. Мониторинг состояния оборудования опасных производств. Вибрация стационарных поршневых компрессоров» с датой введения в действие 1 декабря 2015 г. [5].

Содержание стандартов [3, 4, 5] основывается на результатах многолетних теоретических и экспериментальных исследований и более чем 20-летнем опыте эксплуатации систем диагностики и мониторинга в реальном времени «КОМПАКС®» [1, 2, 6, 4] более 70 поршневых компрессоров с электроприводом с единичными мощностями от 0,02 до 2 МВт, используемых на НХК и производствах в России, странах ближнего и дальнего зарубежья.

В результате впервые в мире нормативы стандартов [5, 8] дают возможность на основе разработанной методологии вибродиагностического мониторинга состояния ПК в реальном времени [1, 2] осуществлять мониторинг ПК, обеспечивая их безопасную, безаварийную ресурсосберегающую эксплуатацию.

### Библиографический список

1. В.Н. Костюков, А.П. Науменко, Система контроля технического состояния машин возвратно-поступательного действия // Контроль. Диагностика. –2007. – № 3. – С. 50-58.
2. А.П. Науменко, Научно-методические основы вибродиагностического мониторинга поршневых машин в реальном времени: дис. ... д-ра техн. наук. Омск: ОмГТУ, 2012. – 40 с.
3. СТО 03-007-11. Мониторинг оборудования опасных производств. Стационарные поршневые компрессорные установки опасных производств:

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 // Технический 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 изготовления, 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  $T$ :

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

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



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.