

# МОНИТОРИНГ СОСТОЯНИЯ В РЕАЛЬНОМ ВРЕМЕНИ – ИННОВАЦИОННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ И РЕМОНТА



**КОСТЮКОВ**  
**Владимир Николаевич**  
Д-р техн. наук, профессор,  
лауреат премии  
Правительства РФ,  
генеральный директор



**НАУМЕНКО**  
**Александр Петрович**  
Д-р техн. наук, доцент,  
начальник ОТППС



**КОСТЮКОВ**  
**Алексей Владимирович**  
Канд. техн. наук,  
технический директор



**БОЙЧЕНКО**  
**Сергей Nikolaевич**  
Канд. техн. наук,  
заместитель  
генерального директора  
по науке

Научно-производственный центр «Динамика», Омск

Основным средством поддержания в рабочем состоянии существующего парка машин и механизмов является планово-предупредительный ремонт. Интервалы между обслуживаниями и ремонтами, их объем и содержание формируются на основе статистических данных. При этом не учитываются особенности конкретной конструкции, реальные условия эксплуатации, в частности стохастический характер нагрузок на машины, качество обслуживания, а рассматриваются тип, модификация машин и механизмов, характер эксплуатации и т.п. Основанная на таком подходе система обслуживания и ремонта машин и другого динамического оборудования имеет ряд недостатков.

Переход от системы планово-предупредительных ремонтов к эксплуатации по фактическому состоянию позволяет существенно (в несколько раз) увеличить межремонтный пробег и снизить эксплуатационные издержки. Мониторинг технического состояния машин и их составляющих в реальном времени обеспечивает объективность оценки их технического состояния в процессе эксплуатации. Второй составляющей инновационной технологии технического обслуживания, ремонта, увеличения межремонтного пробега и снижения затрат на поддержку требуемого технического состояния являются определение неисправных составляющих машин перед их ремонтом и адекватная оценка их технического состояния после ремонта.

Определение понятия *мониторинг технического состояния* технических устройств впервые в научно-технической литературе введено в [1, 2], а в нормативных документах в [3]. Полное, не имеющее двусмысленной интерпретации определение гласит: *мониторинг технического состояния* – это наблюдение за техническим состоянием агрегата или комплекса агрегатов (конструкции, машины, узла, механизма) для определения и предсказания момента их перехода в предельное состоя-

ние. Результат мониторинга представляет собой совокупность диагнозов составляющих его агрегатов, субъектов агрегатов, получаемых на неразрывно призывающих друг к другу интервалах времени, в течение которых состояние комплекса или агрегата существенно не изменяется. В англоязычном мире данный термин в настоящее время определяют как *health monitoring*. Данное понятие коренным образом отличается от понятия мониторинга параметров (*condition monitoring*), которое подразумевает наблюдение за величинами каких-либо параметров (вибрацией, температурой и т.д.).

Реализация технологии мониторинга и диагностирования базируется на использовании моделей структуры виброакустических сигналов при возникновении различных дефектов и неисправностей узлов и деталей машин и механизмов, совокупности диагностических признаков и параметров сигналов при возникновении неисправностей [1, 2], их нормативных значений [4, 5], способов преобразования виброакустических сигналов и системы оценок их параметров [2]. Одним из практических путей реализации технологии и решения задач мониторинга и диагностики машин и механизмов в реальном времени является использование указанных методологических решений, которые лежат в основе базы знаний, связывающей диагностические признаки и технические состояния узлов и деталей машин и механизмов, в алгоритмах функционирования системы диагностики и мониторинга КОМПАКС® [1, 6].

Варианты реализаций систем диагностики и мониторинга соответствуют требованиям мониторинга состояния оборудования различных отраслей промышленности и реализуют технологию получения и обработки информации как со стационарных, так и с подвижных объектов мониторинга [7]. В последнем случае реализованы беспроводные технологии, включающие в себя беспроводные датчики, модули обра-

ботки информации, диагностические контроллеры. Информация из таких систем также по беспроводному каналу передачи данных поступает на стационарный сервер данных. Диагностирование отдельных узлов и механизмов может быть осуществлено с помощью переносных систем автоматической диагностики Compacs-micro [1, 6].

Анализ архитектуры и принципов функционирования известных и представленных на рынке систем, которые называют системами мониторинга, показывает следующее:

- в известных системах диагностические сигналы получают с помощью стационарно установленных датчиков и часто называют их системами on-line-мониторинга. Оценка состояния оборудования в таких системах в момент получения сигнала производится по величине измеряемого параметра без определения причин его изменения;
- обычные системы on-line-мониторинга не учитывают продолжительность развития неисправностей, период измерения устанавливается пользователем или разработчиком системы исходя из собственного опыта. Постановка диагноза осуществляется специалистами – анализаторами диагностических сигналов, т.е. вручную, в соответствующей области диагностики по мере необходимости, что не позволяет своевременно оценить возникновение неисправности или дефекта, их причин и опасности;
- отсутствие автоматических экспертных систем постановки диагноза и значительный период постановки диагноза, превышающий время развития неисправностей [8], свидетельствуют о том, что системы on-line-мониторинга являются системами мониторинга параметров, а не диагностики и мониторинга технического состояния (см. определение понятия «мониторинг» в [1, 2]).

В то же время в системах real-time-мониторинга [1, 6]:

- методология real-time-мониторинга и диагностирования основана на измерении параметров косвенных процессов (виброакустических колебаний), предусмотрено также измерение прямых структурных и термодинамических параметров;
- мониторинг технического состояния в реальном времени (*real-time monitoring*) использует методологии и технологии диагностирования состояния машин и механизмов, основой которых являются *система определяющих критериев неисправностей* и *алгоритмы функционирования* автоматической экспертной системы, позволяющие вести оценку технического состояния и диагностирование узлов и деталей, различных причин вибрации машин в реальном времени в темпе проведения измерений без участия эксперта, автоматически;
- реализованы алгоритмы экспертной системы поддержки принятия решений реального времени с автоматическим определением (постановкой диагноза в темпе измерения диагностических сигналов) неисправностей узлов машинного оборудования, степени их опасности и выдачи целевказующих предписаний персоналу по проведению компенсирующих мероприятий;



Рис. 1. Система диагностики и динамической балансировки роторов консольных насосов в собственных подшипниках КОМПАКС®-РПМ

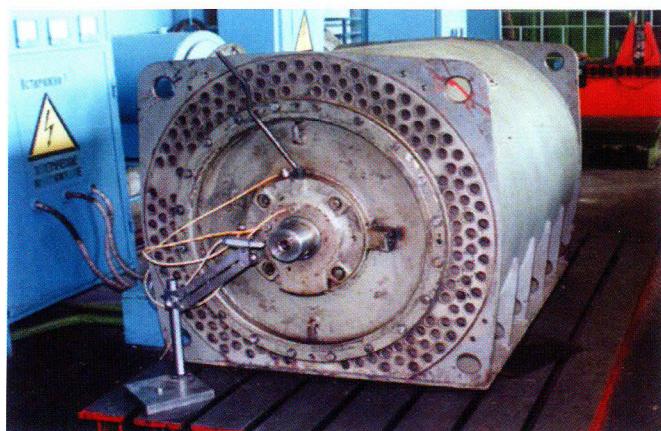


Рис. 2. Система диагностики электродвигателей КОМПАКС®-РПЭ

- научно обоснованный период постановки диагноза позволяет получить значение статической и динамической ошибок распознавания состояния оборудования менее 5 %, что дает возможность осуществлять мониторинг состояния ответственного оборудования всех категорий и производственного объекта в целом.

Задача по обеспечению качества ремонта и его целенаправленности решается путем использования стендовых систем, обеспечивающих диагностирование узлов и агрегатов машин и механизмов до и после ремонта. В настоящее время на многих предприятиях используются стендовые системы диагностики и динамической балансировки роторов консольных насосов в собственных подшипниках (рис. 1), диагностики электродвигателей (рис. 2). Качество комплектующих достигается за счет входного контроля с помощью систем вибродиагностики подшипников качения (рис. 3) и систем ультразвукового контроля вкладышей подшипников скольжения (рис. 4).

Одна из последних разработок с использованием системы real-time-мониторинга в производстве – система управления испытаниями и диагностики насосных агрегатов КОМПАКС®-РПГ (рис. 5). Система позволяет в автоматическом режиме проводить приемосдаточные и периодические испытания насосных агрегатов, имеет автоматическую экспертную систему диагности-



Рис. 3. Система вибродиагностики подшипников качения КОМПАКС®-РПП



Рис. 4. Система ультразвукового контроля вкладышей подшипников скольжения КОМПАКС®-УЗД



Рис. 5. Система управления испытаниями и диагностики насосных агрегатов КОМПАКС®-РПГ

ки, что обеспечивает гарантированный выпуск качественной продукции. Кроме того, благодаря автоматическому формированию протоколов с эксплуатационными характеристиками система позволяет проводить исследования по совершенствованию конструкции и улучшению характеристик насосных агрегатов.

Применение стендовых систем КОМПАКС® повышает достоверность и объективность оценки технического состояния подшипников качения и скольжения, улучшает эффективность ремонта и надежность оборудования за счет контроля качества отремонтированного оборудования, повышает культуру производства и обеспечивает выпуск в эксплуатацию «невибрирующего» оборудования с минимальными погрешностями и максимальными эксплуатационными ресурсами.

Использование технологии мониторинга в реальном времени на основе системы диагностики и мониторинга КОМПАКС® в 12 отраслях промышленности, а также стендовых систем КОМПАКС® обеспечивает увеличение межаварийного пробега машин и механизмов в 12 и более раз, межремонтного пробега – в 2 и более раз и снижение эксплуатационных затрат – в 4 и более раз.

#### Библиографический список

1. Костюков В. Н. Мониторинг безопасности производства. М.: Машиностроение, 2002. 224 с.
2. Костюков В. Н., Науменко А. П. Основы вибраакустической диагностики и мониторинга машин: учеб. пособие. Омск: ОмГТУ, 2011. 360 с.
3. СТО 03-003-08. Мониторинг опасных производств. Термины и определения: сб. стандартов НПС РИСКОМ // Мониторинг оборудования опасных производств. Стандарт организации. М., 2008. С. 5 – 24.
4. ГОСТ Р 53565–2009. Контроль состояния и диагностика машин. Мониторинг состояния оборудования опасных производств. Вибрация центробежных насосных и компрессорных агрегатов. М.: Стандартинформ, 2010. 8 с.
5. СТО 03-007-11. Мониторинг оборудования опасных производств. Стационарные поршневые компрессорные установки опасных производств: эксплуатационные нормы вибрации. М.: Компрессорная и химическая техника, 2011. 16 с.
6. Костюков В. Н., Бойченко С. Н., Костюков А. В. Автоматизированные системы управления безопасной ресурсосберегающей эксплуатацией оборудования нефтеперерабатывающих и нефтехимических производств (АСУ БЭР) / под ред. В. Н. Костюкова. М.: Машиностроение, 1999. 163 с.
7. Костюков В. Н., Сизов С. В., Аристов В. П., Костюков Ал. В. Непрерывный мониторинг состояния моторвагонного подвижного состава // Железнодорожный транспорт. 2008. № 6. С. 41 – 42.
8. ГОСТ Р 53564–2009. Контроль состояния и диагностика машин. Мониторинг состояния оборудования опасных производств. Требования к системам мониторинга. М.: Стандартинформ, 2010. 20 с.

# Стендовые системы диагностики КОМПАКС®

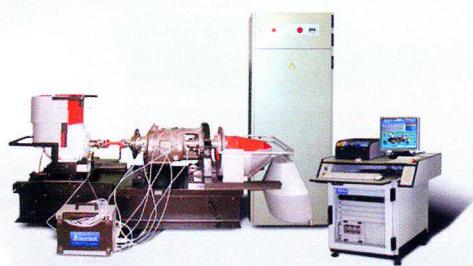
КОМПАКС®-РПП



## Система вибродиагностики подшипников качения КОМПАКС®-РПП

Предназначена для объективной оценки технического состояния подшипников качения и разбраковки их на категории качества по прогнозируемому ресурсу.

КОМПАКС®-РПМ



## Система вибродиагностики и динамической балансировки роторов консольных насосов КОМПАКС®-РПМ

Предназначена для диагностики качества сборки подшипниковых опор насоса, с возможностью проведения двухплоскостной динамической балансировки роторов консольных насосов в собственных подшипниках.

КОМПАКС®-РПЭ



## Система диагностики электродвигателей КОМПАКС®-РПЭ

Предназначена для диагностики технического состояния электродвигателей по вибрации, температуре и току после их производства или ремонта.

КОМПАКС®-УЗД



## Система ультразвукового контроля вкладышей подшипников скольжения КОМПАКС®-УЗД

Предназначена для диагностики технического состояния вкладышей подшипников скольжения и дефектов баббитового слоя.

КОМПАКС®-РПГ



## Система управления гидравлическими испытаниями и диагностики насосных агрегатов КОМПАКС®-РПГ

Предназначена для управления гидравлическими испытаниями и диагностики насосных агрегатов в сборе при производстве и/или после ремонта.

# ТЕРРИТОРИЯ NDT

МЕЖДУНАРОДНЫЙ ЖУРНАЛ ПО НЕРАЗРУШАЮЩЕМУ КОНТРОЛЮ

**X-Vizor**

ПО для цифровой  
и компьютерной  
радиографии

Свидетельство о регистрации программы  
для ЭВМ № 2012610620 от 10.01.2012г.

сканеры запоминающих пластин:  
**Duerr HD-CR 35 NDT Plus,**  
**Duerr HD-CR 43 NDT**

**1, 2014**  
январь – март (9)

плоскопанельные детекторы  
рентгеновского излучения (DR)  
**Perkin Elmer**

оцифровщик рентгеновских пленок  
**Vidar NDT PRO**



**newcom-ndt**

[www.newcom-ndt.ru](http://www.newcom-ndt.ru) +7 812 313 9674  
[info@newcom-ndt.ru](mailto:info@newcom-ndt.ru) +7 812 313 9675

**X-Vizor ver. 3.14.0101**

и др. оцифровщики:

**Array 2095 HD,**  
**Epson Expression 10000XL,**  
**Microtek MII 900Plus**

ПО работает по следующим стандартам:

- СТО Газпром 2-2.4 – 083 – 2006,
- РД МГ Бованенково – Ухта,
- ТРАНСНЕФТЬ РД 19.100.00-KTH-001-10,

- ГОСТ 23055 + ГОСТ 7512,
- ISO 14096 и ISO 16371,
- ASTM E2339-04 DICONDE,
- возможно добавление нормативов под проекты заказчика.



СОВМЕСТНЫЙ ПРОЕКТ ОДИННАДЦАТИ НАЦИОНАЛЬНЫХ ОБЩЕСТВ ПО НЕРАЗРУШАЮЩЕМУ КОНТРОЛЮ

# ТЕРРИТОРИЯ NDT

Главный редактор  
Клюев В.В. (Россия, академик РАН)

Заместители главного редактора:  
Троицкий В.А.  
(Украина, президент УО НКТД)  
Клейзер П.Е. (Россия)

Редакционный совет:  
Азизова Е.А.  
(Узбекистан, председатель УзОНК)  
Аугутис В. (Литва)

Клюев С.В.  
(Россия, президент РОНКТД)  
Кожаринов В.Б.  
(Латвия, президент LNTB)

Маммадов С.  
(Азербайджан, президент АОНК)

Мигун Н.П.  
(Беларусь,  
председатель правления БАНК и ТД)

Миховски М.  
(Болгария, президент BSNT)

Муравин Б.  
(Израиль, зам. президента  
INA TD&CM)

Ригишвили Т.Р.  
(Грузия, президент GEONDТ)

Страгнфорс С.А.  
(Казахстан, президент КАНКТД)

Ткаченко А.А.  
(Молдова, президент НОНКТД РМ)

**Редакция:**

Агапова А.А.  
Клейзер Н.В.  
Сидоренко С.В.  
Чепрасова Е.Ю.

**Адрес редакции:**

119048, Москва, ул. Усачева, д. 35, стр. 1,  
ООО «Издательский дом «Спектр»,  
редакция журнала «Территория NDT»  
[Http://www.tndt.idspektr.ru](http://www.tndt.idspektr.ru)  
E-mail: [tndt@idspektr.ru](mailto:tndt@idspektr.ru)  
Телефон редакции +7 (499) 393-30-25

Журнал зарегистрирован в Федеральной  
службе по надзору в сфере связи, инфор-  
мационных технологий и массовых ком-  
муникаций (Роскомнадзор). Свидетельство  
о регистрации средства массовой инфор-  
мации ПИ № ФС77-47005

**Учредители:**

ЗАО Московское научно-производственное  
объединение «Спектр»  
(ЗАО МНПО «Спектр»);  
Общероссийская общественная организа-  
ция «Российское общество по неразруша-  
ющему контролю и технической диагнос-  
тике» (РОНКТД)

**Издатель:**

ООО «Издательский дом «Спектр»,  
119048, Москва, ул. Усачева, д. 35, стр. 1  
[Http://www.idspektr.ru](http://www.idspektr.ru)  
E-mail: [info@idspektr.ru](mailto:info@idspektr.ru)  
Телефон +7 (495) 514 76 50

Корректор Смольянинова Н.И.  
Компьютерное  
макетирование Смольянинова Н.И.  
Сдано в набор 09.01.2014  
Подписано в печать 28.01.2014  
Формат 60x88 1/8.  
Бумага офсетная. Печать офсетная.  
Усл. печ. л. 8,93. Уч.-изд. л. 8,46.  
Заказ 12344. Тираж 7000 экз.

Оригинал-макет подготовлен  
в ООО «Издательский дом «Спектр».  
Отпечатано в ОАО «Подольская фабрика  
оффсетной печати»,  
142100, Московская область, г. Подольск,  
Революционный проспект, д. 80/42

## СОДЕРЖАНИЕ

№1 (январь - март), 2014

### НОВОСТИ

14-я Азиатско-Тихоокеанская конференция по неразрушающему контролю .....	4
Семинар «Неразрушающий контроль. Масс-спектрометрический метод с применением современных гелиевых течеискателей» в Екатеринбурге .....	4
21-я Международная конференция «Современные методы и средства неразрушающего контроля и технической диагностики» (7–11 октября 2013 г., Гурзуф) .....	5
Карпов В.Н., Артемьев Б.В. К 75-летию научно-учебного комплекса «Специальное машиностроение» МГТУ им. Н.Э. Баумана .....	6
Заседание экспертного совета ДАК НК РОНКТД .....	7

### СТРАНИЧКА РУКОВОДИТЕЛЯ

Клюев С.В. Что дает мне членство в РОНКТД? .....	8
--	---

### ВЫСТАВКИ, СЕМИНАРЫ, КОНФЕРЕНЦИИ

Матвеев В.И. Международные выставки Industrial Testing & Control и Aerospace Testing Russia 2013 и «Интерполитех-2013» .....	10
---	----

### МЕТОДЫ, ПРИБОРЫ, ТЕХНОЛОГИИ

Ефимов И.М. Высокопроизводительный контроль сварных соединений с помощью механизированных сканеров .....	26
Самокрутов А.А., Шевалдыкин В.Г. Особенности оценки несплошностей металла .....	30
Игнатова Е.Л. Интеллектуальный дефектоскоп нового поколения SONOSCREEN ST10 .....	34
Панков В.В., Померанцев Д.С. Промышленные сканеры для замены радиографического контроля ультразвуковым .....	38
Семеренко А.В. Применение ЭМАП для контроля коррозии и эрозии пароперегревателей котельных установок .....	42
Борисков Ю.В., Беляев И.О., Баранов А.Г. Перспективы ультразвукового контроля фазированными решетками в авиастроении .....	46
Мищенко В.П., Калинин А.В. Механизированный ультразвуковой контроль элементов колесных пар вагонов с помощью многоканального дефектоскопа УД4-94-ОКО-01 с комплектом специализированных сканирующих устройств как основной фактор обеспечения безопасности на железных дорогах .....	50
Прохоров С.О., Курков А.В., Румянцев А.Н. Применение АРД-диаграмм при ультразвуковом контроле качества объектов теплоэнергетики .....	54
Бородин Ю.П., Черных М.В., Журавлев А.Е. Система комплексного диагностического мониторинга ООО «ИНТЕРЮНИС» .....	59
Дубов А.А., Дубов А.Ан., Ларин В.В., Привалов В.Ю. Опыт неразрушающего контроля тройников, отводов, арматуры на нефтеперекачивающих станциях с использованием метода магнитной памяти металла .....	62
Костюков В.Н., Науменко А.П., Костюков А.В., Бойченко С.Н. Мониторинг состояния в реальном времени – инновационная технология технического обслуживания и ремонта .....	66