

обслуживания и ремонта, сокращению эксплуатационных расходов и повышению коэффициента эксплуатационной готовности [1].

Для реализации мер по повышению надежности и безопасности динамическое оборудование на объектах производственно-транспортного комплекса уже более двадцати лет оснащается системами мониторинга технического состояния КОМПАКС®[2].

Объем информации, получаемой системами, как правило, велик, в свою очередь, для достоверного и своевременного распознавания неисправного состояния и обеспечения наблюдения за процессом развития неисправностей во времени важен не объем, а качество информации, ее связь с техническим состоянием и остаточным ресурсом каждого конкретного узла. Поэтому важной задачей является установление информативности диагностических признаков, определение их связи с соответствующими классами неисправностей, а также установление характера изменения диагностических признаков во времени с целью прогнозирования момента перехода узлов в предельное состояние.

Настоящее исследование основано на данных, полученных из бортовой системы мониторинга КОМПАКС®-ЭКСПРЕСС-3 и нацелено прежде всего на повышение достоверности диагностирования технического состояния узлов моторвагонного подвижного состава (электропоездов) [3] путем установления закономерностей изменения вибрационных диагностических признаков в процессе деградации технического состояния, на основе оценки статистических свойств их распределений. В то же время, результаты, полученные в ходе работы, являются инвариантными к объекту диагностирования и могут быть применены к динамическому оборудованию опасных производств в ТЭК.

В ходе проделанной работы установлены критерии, в соответствии с которыми выявлены случаи развития неисправностей узлов по трендам значений вибрационных диагностических признаков.

Определены закономерности изменения значений вибрационных диагностических признаков дефектных узлов, а также их статистических характеристик на различных интервалах эксплуатации. Установлено, что деградация технического состояния характеризуется изменением во времени не только значений и статистических характеристик диагностических признаков, но также изменением формы и масштаба распределений значений этих признаков [4].

Проведена оценка информативности диагностических признаков на различных интервалах эксплуатации в процессе деградации технического состояния узлов. Установлено, что признаки высокочастотной вибрации (главным образом СКЗ виброускорения и огибающей виброускорения) реагируют на зарождающиеся дефекты подшипников, в то время как признаки среднечастотной и низкочастотной вибрации (СКЗ виброскорости и виброперемещения соответственно) становятся чувствительны к изменению технического состояния на стадии разрушения узла. Таким образом,

совокупное использование этих признаков позволяет осуществлять прогноз периода безаварийной работы узла на различных стадиях процесса эксплуатации.

#### Библиографический список

1. Костюков, В. Н. Основы виброакустической диагностики и мониторинга машин: учеб. пособие / В. Н. Костюков, А. П. Науменко. – Омск: Изд-во ОмГТУ, 2011. – 360 с.;
2. Костюков, В. Н. Мониторинг безопасности производства / В. Н. Костюков. – М: Машиностроение, 2002. – 224 с.;
3. Костюков В.Н., Сизов С.В., Аристов В.П., Костюков Ал. В. Безопасная ресурсосберегающая эксплуатация МВПС на основе мониторинга в реальном времени. // Наука и транспорт. - 2008. - С. 8-13.
4. Закс, Л. Статистическое оценивание / Пер. с нем. В. Н. Варыгина, под ред. Ю. П. Адлера, В. Г. Горского. – М: Статистика, 1976. – 598 с.

УДК 621.822

Казарин Д.В., к.т.н., зам. начальника ДППС (ООО НПЦ «Динамика»); Басакин В.В., м.н.с. (ООО НПЦ «Динамика»); Кудрявцева И.С., м.н.с. (ООО НПЦ «Динамика», аспирант, Омский государственный технический университет); Костюков В.Н., д.т.н., профессор (ООО НПЦ «Динамика»)

### ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ЧАСТОТЫ ВРАЩЕНИЯ И ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ НА УРОВЕНЬ СПЕКТРАЛЬНЫХ СОСТАВЛЯЮЩИХ ВИБРАЦИИ ПОДШИПНИКОВ КАЧЕНИЯ

Подшипники качения являются одними из наиболее распространенных и ответственных элементов, применяемых в современном машиностроении. От их технического состояния зависит не только надежность работы машин, но и техногенная безопасность процессов, в которых участвуют эти машины [1].

Наиболее эффективным методом, позволяющим обнаруживать зарождающиеся и развитые дефекты подшипников качения, является виброакустический метод неразрушающего контроля [2].

На основе спектрального анализа вибрации подшипников качения определяют дефекты внутренней и внешней обойм, дефекты тел качения, а также дефекты сепаратора, смазки, установки, посадки. Как правило, частоты проявления дефектов в спектре сигнала вибрации связаны с частотой вращения подшипника качения известными соотношениями [1].

Поскольку эксплуатация подшипников качения связана с изменением частоты вращения в широком диапазоне, для адекватной оценки их технического состояния требуется знать связь частоты вращения и

технического состояния с уровнем составляющих в спектре вибрации.

Для оценки влияния частоты вращения подшипника на уровни спектральных составляющих вибрации, соответствующих частотам проявления дефектов, и установления зависимости между величиной оценки и техническим состоянием подшипника проведены экспериментальные исследования. Эксперимент проводился согласно методике исследований вибрации подшипников, описанной в [3].

Исследование подвергались исправный подшипник, подшипники с физически смоделированными дефектами внутренней и внешней обоймы и подшипник с дефектом тел качения, образовавшимся в процессе его длительной эксплуатации.

В результате проведенного исследования установлено, что уровень спектральных составляющих вибрации, частоты которых соответствуют частотам проявления дефектов подшипников, и частота вращения связаны прямой зависимостью. При этом чувствительность данной зависимости напрямую связана с техническим состоянием исследуемого подшипника.

Чувствительность зависимости уровня спектральных составляющих подшипников от изменения частоты вращения с физически смоделированными дефектами внутренней и внешней обоймы выше чувствительности зависимости для исправного подшипника. Для подшипника, изъятого из эксплуатации и обладающего дефектом тел качения, чувствительность изменения уровней спектральных составляющих от изменения частоты вращения гораздо выше чем у исправного подшипника и подшипников с физически смоделированными дефектами. При этом чувствительность зависимости уровня спектральной составляющей, соответствующей дефекту тел качения, для подшипника изъятого из эксплуатации выше чем чувствительность зависимостей соответствующих другим дефектам подшипника.

Результаты, полученные при проведении данных исследований, положены в основу при составлении математических моделей вибрации подшипников качения, используемых в автоматических экспертных системах комплексов диагностики подшипников качения.

#### Библиографический список

1. Костюков В. Н. Мониторинг безопасности производства. М.: Машиностроение. 2002. С 224
2. Костюков В.Н. Основы виброакустической диагностики и мониторинга машин: Учебное пособие / В.Н. Костюков, А.П. Науменко. Омск: Изд-во ОмГТУ. 2011. С. 360.
3. Методика экспериментальных исследований вибрации подшипников /А.В. Зайцев, В.В. Басакин, И.С. Кудрявцева, А.О. Тетерин // Динамика систем механизмов и машин. – Омск: ОмГТУ 2014.- №4. – С. 112 – 115.

УДК 681.518.2

Тарасов Е.В., начальник ДППС (ООО НПЦ «Динамика»); Казарин Д.В., к.т.н., зам. начальника ДППС (ООО НПЦ «Динамика»); Зайцев А.В., научный сотрудник (ООО НПЦ «Динамика»); Павленков Д.В., инженер 3 категории, (ООО НПЦ «Динамика»); Костюков В.Н., д.т.н., профессор, генеральный директор (ООО НПЦ «Динамика»)

#### АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ СТЕНД ИСПЫТАНИЙ СИСТЕМ ДИАГНОСТИКИ И МОНИТОРИНГА ОБОРУДОВАНИЯ

Важной задачей программы совершенствования производственных технологий эксплуатации сложных технических объектов производственно-транспортного комплекса, в частности, оборудования предприятий нефтехимической промышленности, является реализация безопасной ресурсосберегающей технологии обслуживания и ремонта, основанной на знании фактического технического состояния оборудования эксплуатируемого объекта в любой момент времени.

Эффективным решением данной задачи является применение интеллектуальных систем мониторинга и диагностики неисправностей, возникающих в процессе технической эксплуатации объекта. Данные системы представляют собой информационно-измерительные комплексы, имеющие пространственно-распределенную и иерархически-сложную структуру, с множеством первичных преобразователей физических величин (датчиков), измерительных модулей и диагностических контроллеров, которые измеряют сигналы, вычисляют диагностические признаки и выдают экспертные сообщения. Результатом работы диагностических комплексов являются предписания для обслуживающего диагностируемые агрегаты персонала, сформированные на основе автоматической экспертной системы.

Проверка метрологических характеристик измерительных каналов (АХ, АЧХ, расчет погрешностей и др.) для больших систем (свыше сотен измерительных каналов) процесс трудоемкий. Кроме того, значительных затрат ресурсов требует проверка экспертной системы, отвечающей за корректность постановки диагноза. Однако, решение экономических задач накладывает свои ограничения на продолжительность и затраты на проведение испытаний.

Эффективность распознавания неисправностей оборудования, защищаемого системами мониторинга и диагностики, во многом зависит от качества настройки, полноты и объективности проверок при проведении приемо-сдаточных испытаний при выпуске из производства. При этом задача минимизации влияния «человеческого фактора» на процесс проверки качества проектирования и настройки успешно решается путем применения автоматизированных испытательных стендов.

Стенд обеспечивает автоматизацию выполнения наиболее трудоемких функций, таких как:

- калибровка диагностических признаков измерительных каналов;
- проверка метрологических характеристик измерительных каналов;



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.  
Добринко 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.