

4. Комаров В. А., Тимофеев И. А. и др. Вибрационные характеристики турбины К-800-240-3 ЛМЗ. В кн.: Котельные и турбинные установки энергоблоков мощностью 500 и 800 МВт. – М.: Энергия, 1979. – С. 251 – 258.
5. Куменко А. И., Костюков А. В., Бойченко С. Н. и др. Обеспечение вибрационной надежности турбоагрегатов ТЭС и АЭС. Состояние и совершенствование нормативной базы // Надежность и безопасность энергетики. – 2016. – № 2(33). – С. 21 – 25.
6. Куменко А. И. Совершенствование расчетно-экспериментальных методов исследования динамических характеристик турбоагрегатов и их элементов: Дис. ... д-ра техн. наук. – М.: МЭИ, 1999.
7. Некрасов А. Л. Расчетный анализ нелинейных колебаний роторов турбомашин в подшипниках скольжения: Дис. ... канд. техн. наук. – М.: МЭИ, 1998.
8. ГОСТ Р 55263–2012 Вибрация «Контроль состояния машин по результатам измерения вибрации на вращающихся валах. Часть 2. Стационарные паровые турбины и генераторы мощностью более 50 МВт с рабочими частотами вращений 1500, 1800, 3000 и 3600 мин<sup>-1</sup>. (ISO 7919-2:2009).
9. Куменко А. И., Кузьминых Н. Ю., Костюков В. Н. Расчет и интерполяция характеристик опорных подшипников скольжения в области возможных перемещений шеек роторов // Теплоэнергетика. – 2016. – № 10. – С. 23 – 30.
10. Костюк А. Г. Динамика и прочность турбомашин. – М.: Изд-во МЭИ, 2000.

## МОНИТОРИНГ РАСПРЕДЕЛЕННОЙ НЕУРАВНОВЕШЕННОСТИ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО РОТОРА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ДАТЧИКОВ ВАЛА

Куменко А. И., Кузьминых Н. Ю., Тимин А. В.  
(ООО НПЦ «ДИНАМИКА», г. Омск, Россия)

Рассмотрены методические вопросы применения датчиков вала для балансировок и для мониторинга неуравновешенности гибких роторов. На примере четырех опорного экспериментального валопровода показаны разные результаты вариантов балансировки и отыскания распределенной неуравновешенности гибкого ротора пятью с дисками.

Измерение параметров вибрации вала выполнено согласно ГОСТ Р 55263–2012 и ГОСТ Р 55263.2–2012. Для балансировки используются численные абсолютные перемещения вала и соответствующие абсолютные чувствительности. Для повышения качества балансировки применен новый метод, использующий не только минимизацию перемещений прогиба в средней части вала, но и минимизацию углов наклона цапф.

При использовании дополнительных условий для нахождения остаточного дисбаланса получаем значительно больше комплексных уравнений, что позволяет отыскать более детальное и более точное распределение дисбаланса вдоль оси. Для минимизации углов наклона измерения динамических перемещений шейки вала выполняются с двух сторон подшипника.

Показано, что при классическом подходе, когда дисбаланс компенсируется в двух-трех плоскостях, остаточная вибрация оказывается заметно больше, чем при применении предлагаемого метода. Сформулированы основные способы диагностирования остаточного дисбаланса в процессе мониторинга. Выполнено обоснование, почему балансировка с применением чувствительностей, измеренных с помощью датчиков вала дает лучший результат, чем традиционная балансировка с использованием чувствительностей опор.

Отмечается, что балансировка по относительной вибрации вала допустима лишь в том случае, когда абсолютными балансировочными чувствительностями опор можно пренебречь по отношению к абсолютным или относительным балансировочным чувствительностям по валу.

Приведены экспериментальные и расчетные амплитудо-фазочастотные характеристики четырехпоршного ротора до и после балансировок с использованием разных методов.

Предлагаемый метод позволяет выполнять непрерывную оценку технического состояния и уровня остаточного дисбаланса в современных системах мониторинга и автоматической диагностики.

## ОБОБЩЕННАЯ МОДЕЛЬ МЕХАНИЗМА ФОРМИРОВАНИЯ И СТРУКТУРЫ ВИБРОАКУСТИЧЕСКОГО СИГНАЛА ПОРШНЕВОЙ МАШИНЫ

Науменко А. П., Костюков В. Н.

(ООО НПЦ «ДИНАМИКА», г. Омск, Россия)

Доклад посвящен проблемам моделирования виброакустических (ВА) сигналов машин и механизмов. Целью работы является формирование подходов к разработке феноменологической модели структуры ВА сигналов при возникновении неисправностей и дефектов. Представлены частные модели структур ВА сигналов некоторых неисправностей поршневых машин (ПМ).

Поршневая машина представляет собой сложную газо-механическую систему и является мощным и многофакторным генератором ВА сигналов, имеющим три основных, чаще всего, статистически независимых, источника [1, 2], которые с достаточной степенью условности можно разделить на:

1) неуравновешенность движущихся и вращающихся масс – силы инерции и моменты этих сил – полигармонические воздействия  $F_h$  (*harmonic*);

2) газогидродинамические процессы – протекание газа и жидкости – стохастические (шумовые) воздействия  $F_n$  (*noise*);

3) соударения и трение между элементами и деталями механизмов – ударные (*shock*) вынуждающие воздействия  $F_s$  (например, взаимодействие зубчатых пар, работа клапана).



# XXI ВСЕРОССИЙСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ ПО НЕРАЗРУШАЮЩЕМУ КОНТРОЛЮ И ТЕХНИЧЕСКОЙ ДИАГНОСТИКЕ

28 ФЕВРАЛЯ - 2 МАРТА 2017



# СБОРНИК ТРУДОВ



РОССИЙСКОЕ ОБЩЕСТВО  
ПО НЕРАЗРУШАЮЩЕМУ КОНТРОЛЮ И ТЕХНИЧЕСКОЙ  
ДИАГНОСТИКЕ

XXI ВСЕРОССИЙСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ  
ПО НЕРАЗРУШАЮЩЕМУ КОНТРОЛЮ  
И ТЕХНИЧЕСКОЙ ДИАГНОСТИКЕ

**СБОРНИК ТРУДОВ**

28 февраля – 2 марта 2017 г.



Москва, 2017

УДК [681.518.54+620.19](035)

ББК 30.82-5я2

Д25

Д25      **XXI Всероссийская конференция по неразрушающему контролю и технической диагностике: сборник трудов.** Москва, 28 февраля – 2 марта 2017 г. – М.: Издательский дом «Спектр», 2017. – 364 с.: ил.

ISBN 978-5-4442-0125-1

DOI 10.14489/4442-0125-1

Сборник содержит научные труды (тезисы и доклады), представленные на XXI Всероссийской конференции по неразрушающему контролю и технической диагностике. Изложены результаты работ ученых и специалистов российских и зарубежных фирм – мировых лидеров по производству средств неразрушающего контроля и технической диагностики. В состав сборника вошли работы по: акустической эмиссии; вибродиагностике; акустическим, магнитным, электромагнитным, оптическим, тепловым, микроволновым и радиационным методам неразрушающего контроля (НК) и технической диагностики (ТД); методам НК и ТД при оценке техногенной безопасности; обучению, аттестации и сертификации.

УДК[681.518.54+620.19](035)

ББК 30.82-5я2

## НАУЧНОЕ ИЗДАНИЕ

# ХХI ВСЕРОССИЙСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ ПО НЕРАЗРУШАЮЩЕМУ КОНТРОЛЮ И ТЕХНИЧЕСКОЙ ДИАГНОСТИКЕ

## СБОРНИК ТРУДОВ

28 февраля – 2 марта 2017 г.

Корректор *А.И. Евсейчев*

Инженер по компьютерному макетированию *А.И. Евсейчев*

Художественное оформление *Н.И. Смольянина*

ISBN 978-5-4442-0125-1



9 785444 201251

Сдано в набор 31.01.2017 г. Подписано в печать 15.02.2017 г.

Формат 60×90  $\frac{1}{16}$ . Бумага офсетная. Гарнитура Times.

Печать цифровая. Уч.-изд. л. 23. Тираж 200 экз. Заказ № 02112

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

Отпечатано в типографии ООО «Паблит»  
127282, Москва, ул. Полярная, д. 31В, стр. 1

ISBN 978-5-4442-0125-1

© РОНКТД, 2017

### Секция 3

## ВИБРОДИАГНОСТИКА

**Руководители секции: Г. В. Зусман, В. Н. Костюков**

1. Новая методика диагностирования подшипниковых узлов рельсово-подвижного состава в процессе движения <i>Басакин В. В., Костюков В. Н., Костюков А. В., Казарин Д. В.</i> . . . . .	145
2. Методика диагностики электротехнических устройств, содержащих обмотки и магнитопровод <i>Городнов А. В., Засухин В. В., Рущинский В. Н., Тренин С. А.</i> . . . . .	152
3. Совершенствование методов и средств вибродиагностики колесно-моторных блоков подвижного состава <i>Зайцев А. В., Костюков А. В., Казарин Д. В.</i> . . . . .	155
4. Результаты экспериментальных исследований, подтверждающие возможность регистрации механических колебаний намагниченных тел с помощью внешней обмотки <i>Засухин В. В., Рущинский В. Н., Тренин С. А.</i> . . . . .	163
5. Вибрационный измерительный и диагностический канал КД8700 и резонансный метод контроля подшипников <i>Зусман Г. В.</i> . . . . .	163
6. Опыт применения параметров характеристической функции для диагностики и мониторинга технического состояния подшипников качения <i>Костюков В. Н., Костюков А. В., Бойченко С. Н.</i> . . . . .	165
7. Автоматические системы мониторинга «здоровья» оборудования производственно-транспортного комплекса, обеспечивающие высокую безопасность и эффективность <i>Костюков В. Н., Костюков Ан. В., Костюков А. В., Бойченко С. Н., Казарин Д. В.</i> . . . . .	167
8. О дополнительных требованиях к системам виброконтроля и мониторинга технического состояния турбоагрегатов ТЭС и АЭС <i>Куменко А. И., Кузьминых Н. Ю.</i> . . . . .	174
9. Критерии надежности и мониторинг технического состояния мощных турбоагрегатов с использованием статических и динамических сил в опорах валопроводов <i>Куменко А. И., Кузьминых Н. Ю., Тимин А. В.</i> . . . . .	181
10. Мониторинг распределенной неуравновешенности экспериментального ротора с использованием датчиков вала <i>Куменко А. И., Кузьминых Н. Ю., Тимин А. В.</i> . . . . .	186
11. Обобщенная модель механизма формирования и структуры виброакустического сигнала поршневой машины <i>Науменко А. П., Костюков В. Н.</i> . . . . .	187