
В.Н. КОСТЮКОВ, Е.В. ТАРАСОВ (НПЦ «ДИНАМИКА», г. Омск)

МОНИТОРИНГ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ И АВТОМАТИЧЕСКАЯ ДИАГНОСТИКА ВСПОМОГАТЕЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ ТИПОВЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СТАНЦИЙ

Современное общество не представляет свою жизнь без электрической энергии. Все процессы жизнеобеспечения человечества напрямую зависят от стабильности и качества потребляемой электрической энергии. В связи с этим перед энергетиками ставится задача по обеспечению стабильного, бесперебойного процесса выработки электрической энергии. Для решения данной задачи необходим постоянный контроль за техническим состоянием оборудования электрических станций. Однако в основной массе системами контроля и блокировки в эксплуатации оснащаются только основные энергетические механизмы – турбины. В тоже время для обеспечения работы одной турбины используется несколько десятков вспомогательного динамического оборудования, как то различного вида мельницы, дутьевые вентиляторы, дымососы, питательные, конденсатные, циркуляционные, сетевые насосы, градирни. При этом многие вспомогательные агрегаты эксплуатируются без резерва, и внезапный их отказ приводит к снижению объема и качества вырабатываемой электрической энергии вплоть до полной остановки турбины.

Внезапность отказа обусловлена отсутствием постоянного автоматического мониторинга технического состояния и диагностики вспомогательного оборудования. Обычно штат специалистов вибродиагностов осуществляющих контроль за оборудованием переносными приборами на тепловой электростанции составляет 2–3 человека, а количество работающего на станции оборудования исчисляется сотнями единиц, в связи с этим интервал «ручной» диагностики агрегатов превышает период развития неисправности в оборудовании, что и приводит к их внезапному, с точки зрения эксплуатационного персонала, выходу из строя и сбоям в работе основных энергоагрегатов.

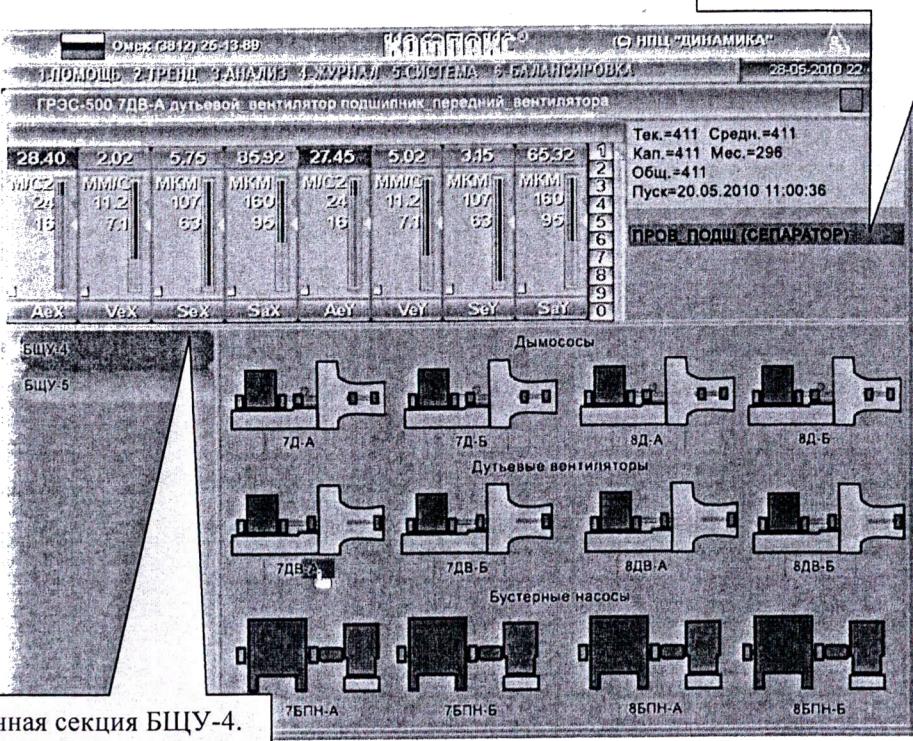
Обеспечение вспомогательного оборудования электростанций системами автоматической диагностики и мониторинга технического состояния КОМПАКС® – реальный путь обеспечения безопасной и надежной эксплуатации электростанций [1].

Система КОМПАКС® [2] в автоматическом режиме производит оценку технического состояния машинного оборудования по измеряемым параметрам различных физических величин (вибрация, температура, ток, давление и т. д.) и обеспечивает визуальное отображение текущего технического состояния цветовыми пиктограммами (зеленый цвет – «Допустимо», желтый – состояние «Требует принятия мер», красный – «Недопустимо») (рис. 1).

На экране «Монитор» системы (рис. 1), схематично представляющем эксплуатируемое оборудование в интуитивно понятной любому человеку форме, основные измеряемые параметры по ГОСТ Р 53565–2009 [3], представленные в левой верхней части экрана, но самое главное – предписания автоматической экспертной системы в правой верхней части экрана «Монитор», которые необходимо провести для обеспечения безаварийной эксплуатации оборудования. При переходе технического состояния агрегата в состояние «Недопустимо» система КОМПАКС выдает предупреждение персоналу посредством речевого сообщения для принятия им незамедлительных мер по обеспечению безаварийной эксплуатации оборудования. В соответствии с действующими нормативными документами технологический персонал обязан выполнять рекомендации системы, а система КОМПАКС®, опять же в автоматическом режиме, контролирует оперативность и качество выполнения предписаний по изменению состояния агрегатов и их узлов.

Все измеряемые системой параметры накапливаются в базах данных за различные временные интервалы от 12 часов до 9 лет (12 часов, 4 и 40 суток, 1 год и 9 лет).

Сообщения
экспертной системы
автоматически
выданное системой



Выбранная секция БЦУ-4.
Цвет секции соответствует
наихудшему состоянию
агрегатов

Рис. 1. Экран «Монитор» системы КОМПАКС® ГРЭС

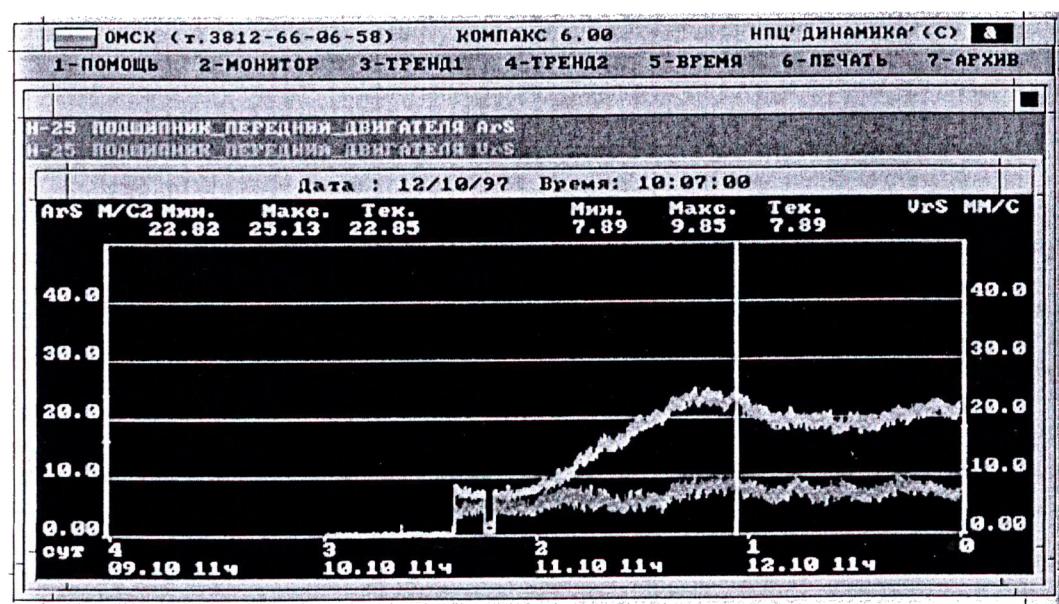


Рис. 2. Экран «Тренд» системы КОМПАКС®

Оснащение машинного оборудования стационарной системой КОМПАКС® позволило устраниТЬ аварии, и исключились так называемые «внезапные» отказы. «Внезапность» возникает там, где нет наблюдаемости процесса зарождения и развития неисправности, роста её до критического уровня и далее до возникновения аварийной ситуации. Благодаря системе КОМПАКС® вся информация о техническом состоянии оборудования в режиме реального времени предоставляется эксплуатационному персоналу. Персонал работает по предписаниям системы КОМПАКС® исключительно с оборудованием, которое этого требует. Таким образом, персонал ведет эксплуатацию оборудования по фактическому техническому состоянию, что рекомендуется Ростехнадзором при применении систем КОМПАКС®. Абсолютная объективность системы обеспечивает проведение ремонтных и наладочных работ именно с тем оборудованием, которое этого требует, причем в журналах, которые автоматически формирует система, указан не только технологический индекс агрегата (рис. 3, столбец 1), но и состояние его проблемных узлов (рис. 3, столбцы 2–7), включая выданные системой предписания (рис. 3, столбец 4).

КОМПАКС 6.10.2 (С) НПЦ "ДИНАМИКА"		ЖУРНАЛ МЕХАНИКА-ЭЛЕКТРИКА			САО "Газпромнефть-ОНГЗ"		
Протокол состояния агрегата установки "ИЗОМЕР Я"					на 18-02-2011 11 ч. 08 мин.		
					Дата пуска системы 18-02-2011 10 ч. 58 мин.		
Тех. индекс	Узел агрегата	Нараб.	Состояние узла	Признак	Значение признака	Состояние признака	
XB3/8-1	ПОДШИПНИК_ПЕРЕДНИЙ_ДВИГАТЕЛЯ	2639	Треб пр мер ПРОВ_СМАЗКУ,_ПОДШ. ЖЕЛТ.	Ae (M/C2) Ve (MM/C) Se (MKM)	7.48 1.02 4.67	Треб пр мер	

Дата пуска/останова: 27/11/2010 04:51 Пуск

Стр. 1 из 1

Рис. 3. Журнал механика-электрика системы КОМПАКС®

Система КОМПАКС® обеспечивает надежное диагностирование дефектов подшипников, нарушение режимов смазки, нарушения связанные с ведением технологического процесса (кавитация, гидроудары и т. д.), нарушения центровки валов и балансировки вращающихся частей, ослаблений креплений насосов и электродвигателей, электромагнитных дефектов, отказов торцовых уплотнений, более 70 % которых вызвано недопустимо высокими уровнями вибрации насосов и электродвигателей.

Необходимо отметить, что периодически технологическому персоналу для обеспечения работы энергоблока приходится эксплуатировать вспомогательное оборудование на режимах отличных от паспортных, что безусловно сказывается на техническом состоянии данного агрегата и его технологическом ресурсе.

При работе питательного электронасоса ПЭ-500-180-3 на одной из ТЭЦ персонал нарушил технологический режим работы в результате чего давление на напоре было завышено примерно на 15 % (218 кгс/см²), а расход занижен на 40 % (310 м³/час), что привело к переходу технологического состояния насоса в состояние «Недопустимо» – среднее квадратическое значение (СКЗ) виброускорения (Ae) составило 33,88 м/с², СКЗ выброскорости (Ve) 13,22 мм/с, СКЗ виброперемещения (Se) составило 23,10 мкм. В амплитудном спектре виброускорения (рис. 4) и выброскорости (рис. 5) преобладающей является лопастная частота рабочих колес насоса 349,2 Гц (22,83 м/с²; 10,39 мм/с) с боковыми полосами на оборотной частоте вращения 299,2 Гц и 399,2 Гц.

В амплитудном спектре виброперемещения (рис. 6) преобладающей является оборотная частота (16,12 мкм), так же присутствует лопастная частота рабочих колес насоса 349,2 Гц (4,74 мкм) с боковыми полосами на оборотной частоте вращения 299,2 Гц и 399,2 Гц.

О присутствие дисбаланса в насосе говорит, тот факт, что в спектре виброперемещения (рис. 6) преобладает, а в спектре выброскорости (рис. 5) ощутимое влияние оказывает оборотная частота. Лопастная частота рабочих колес насоса модулирована оборотной частотой вращения в спектрах виброускорения, выброскорости и виброперемещения (рис. 4–6). Наличие дисбаланса является следствием нарушения режима и имеет гидравлическое происхождение.

Ампл . спектр сигнала
СКЗ : **39.88** МАКС : **22.83**
Оборотная : **49.32** Гц

Основной курсор
Курсор **349.22** Гц, **22.83**

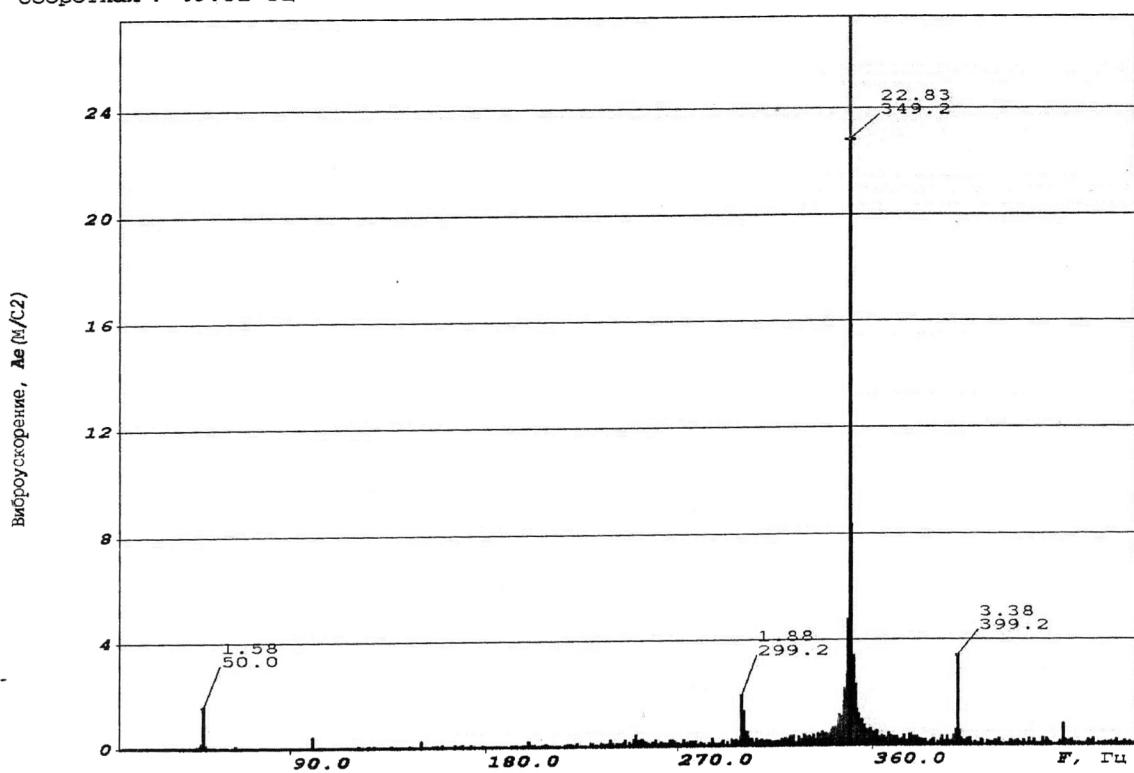


Рис. 4. Амплитудный спектр виброускорения подшипника переднего насоса

Ампл . спектр сигнала
СКЗ : **13.22** МАКС : **10.39**
Оборотная : **49.32** Гц

Основной курсор
Курсор **349.22** Гц, **10.39**

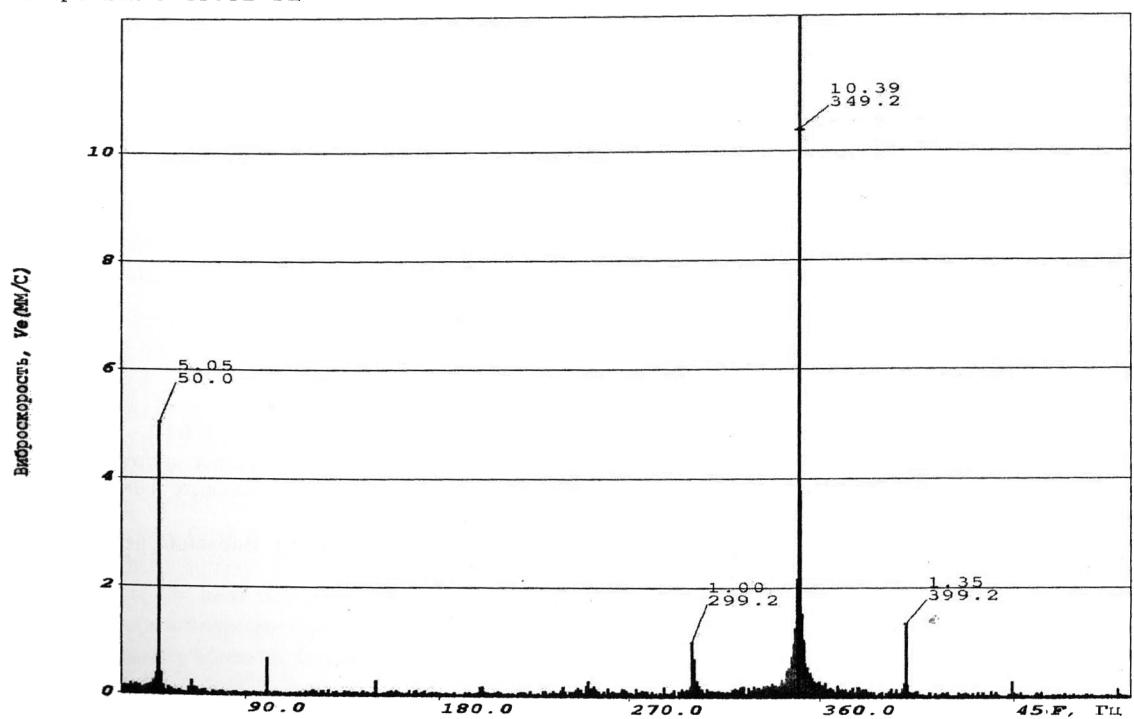


Рис. 5. Амплитудный спектр виброскорости подшипника переднего насоса

Ампл. спектр сигнала
СКЗ : 23.10 МАКС : 16.12
Оборотная : 49.32 Гц

Основной курсор
Курсор 50.00 Гц, 16.12

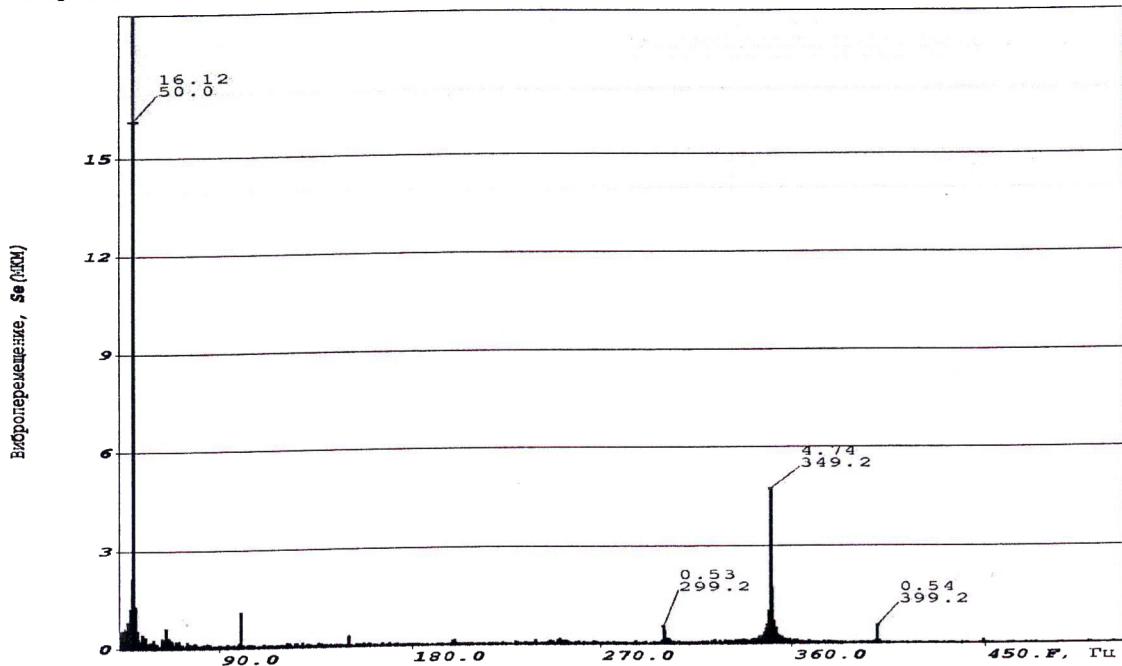


Рис. 6. Амплитудный спектр виброперемещения подшипника переднего насоса

Длительная эксплуатация насоса с таким нарушением технологического режима неминуемо приведет к развитию дефектов в подшипниках насоса с последующей потерей работоспособности питательного насоса.

Проведенный анализ статистики эксплуатации машинного оборудования под контролем систем автоматической диагностики и мониторинга технического состояния КОМПАКС® показал, что благодаря системе:

- более чем в 12 раз снизилось число внезапных для персонала отказов;
- более чем в 4 раза сократилось число и соответственно затраты на ремонтные работы. Произошло качественное перераспределение объемов ремонтов от капитальных и средних в сторону текущих ремонтов и текущего обслуживания. Количество дорогостоящих капитальных ремонтов сократилось в более чем 10 раз.

Оснащение системами КОМПАКС® вспомогательного оборудования электростанций и, благодаря этому, переход на эксплуатацию по фактическому техническому состоянию, с планированием и выполнением тех работ по техническому обслуживанию и ремонту, на которые указывает система – вот реальный путь обеспечения надежной, безопасной ресурсосберегающей эксплуатации электростанций.

Список литературы

1. Костюков В.Н. Мониторинг безопасности производства. М.: Машиностроение, 2002.
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.
3. ГОСТ Р 53565–2009. Мониторинг оборудования опасных производств. Вибрация центробежных насосных и компрессорных агрегатов. М.: «Стандартинформ», 2010.

Открытое акционерное общество
«Всероссийский дважды ордена
Трудового Красного Знамени
Теплотехнический
научно-исследовательский
институт»
(ОАО «ВТИ»)



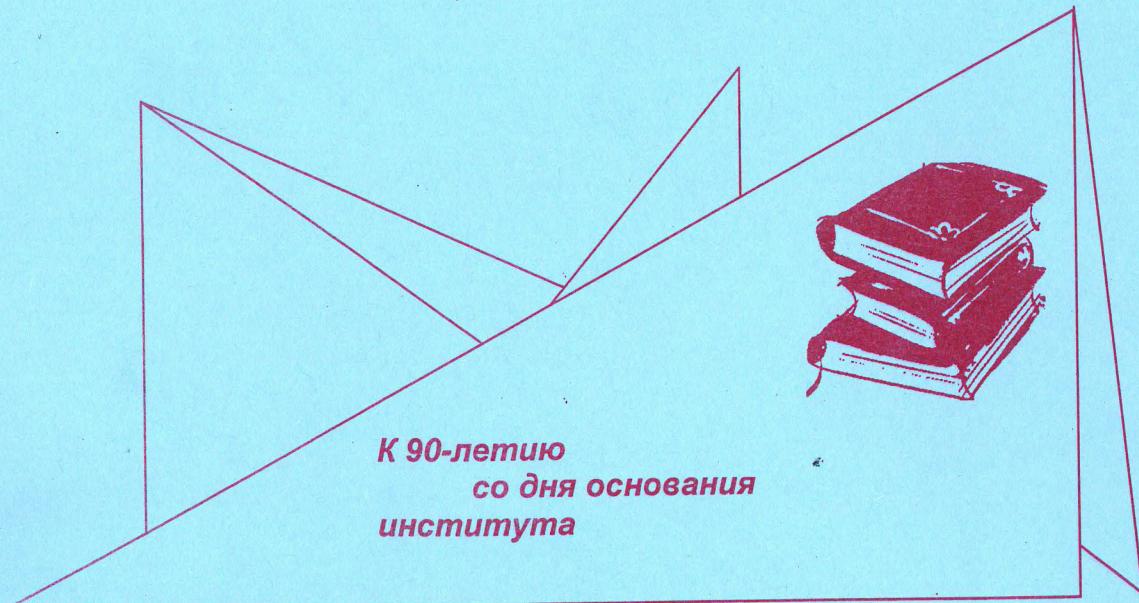
VI НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ
КОНФЕРЕНЦИЯ

8–9 ноября 2011 г.

«ПРОБЛЕМЫ ВИБРАЦИИ,
ВИБРОНАЛАДКИ,
ВИБРОМОНИТОРИНГА
И ДИАГНОСТИКИ
ОБОРУДОВАНИЯ
ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ
СТАНЦИЙ»



К 90-летию
со дня основания
института



ОТКРЫТОЕ АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО
"ВСЕРОССИЙСКИЙ ДВАЖДЫ ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ
ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ"
(ОАО "ВТИ")

К 90-летию со дня основания института

VI НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ
ПРОБЛЕМЫ ВИБРАЦИИ, ВИБРОНАЛАДКИ,
ВИБРОМОНИТОРИНГА И ДИАГНОСТИКИ
ОБОРУДОВАНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СТАНЦИЙ

Сборник докладов

Под общей редакцией Д. В. Тарадая

Москва Россия 2011

Издание подготовлено к печати отделом научно-технической информации Всероссийского теплотехнического института.

Проблемы вибрации, виброналадки, вибромониторинга и диагностики оборудования электрических станций: Сб. докл. / Под общ. ред. Д. В. Тарадая. – М.: ОАО «ВТИ», 2011. – 150 с.

Сборник докладов посвящен широкому спектру вопросов, касающихся проблем вибрации турбин, генераторов и вспомогательного оборудования электростанций.

В докладах рассматриваются следующие вопросы:

- виброналадка турбоагрегатов тепловых электростанций;
- вибрационный контроль статоров мощных турбогенераторов;
- моделирование нестационарных колебаний после внезапной разбалансировки валопровода;
- развитие диагностики и мониторинга энергетического оборудования.

Сборник докладов может быть полезен работникам ТЭС, ГЭС, АЭС, специалистам научно-технических, проектно-конструкторских и наладочных организаций.

Технический редактор *И. Р. Шанто*
Компьютерная верстка *Е. В. Беспалова, А. В. Орлов*

Подписано в печать 02.11.11. Формат 60×90^{1/8}.
Печ. л. 18,75. Тираж 100 экз. Заказ № 867

ПМБ ВТИ. 115280, Москва, ул. Автозаводская, 14/23

© ОАО «ВТИ», 2011

Содержание

<i>В.А. Комаров</i> Исторический обзор научно–технической деятельности ОАО «ВТИ» в области вибрационной надежности турбоагрегатов и энергетического оборудования.	5
Основоположники российской виборационной школы ВТИ	
<i>А.И. Куменко, О.А. Злобин, С.В. Медведев, П.В. Кузнецов</i> Диагностика напряженного состояния при колебаниях валопровода с использованием датчиков перемещений вала	7
<i>Кузнецов Д.В.</i> Дефекты системы виброзоляции статоров мощных турбогенераторов – опыт выявления и устранения	17
<i>Костюков В.Н., Тарасов Е.В.</i> Мониторинг технического состояния и автоматическая диагностика вспомогательного оборудования типовых электрических станций	24
<i>Костюков В.Н., Науменко А.П., Бойченко С.Н., Костюков А.В.</i> Состояние и перспективы развития мониторинга технического состояния в реальном времени оборудования промышленных предприятий	29
<i>Дон Э.А., Тарадай Д.В.</i> Система диагностики температурных температурных расширений турбоагрегатов (СДАРТ)	35
<i>Немчинов Д.В., Токаев С.С., Воробьев В.С.</i> Новые разработки в области вибромониторинга оборудования ЭС	42
<i>Куменко А.И., Медведев С.В.</i> Методика определения напряжений в турбинных лопатках при мониторинге и диагностике крутильных колебаний дисков валопроводов	55
<i>Вострухов А.В., Тарасов В.Н.</i> Автоколебательные процессы гидроагрегатов высоконапорных ГЭС	63
<i>Сорокин Р.М.</i> Некоторые проблемы вибродиагностики и виброналадка турбоагрегатов	73
<i>Винокуров И.В.</i> Результаты динамических испытаний ЦНД турбин АЭС для повышения их вибрационной надежности	78
<i>Куменко А.И., Попов А.Б.</i> Расчет болтовых соединений роторов турбин	82
<i>Кузнецов П.В., Злобин О.А., Куменко А.И.</i> Диагностика и наладка турбоагрегата К-300-240 ЛМЗ с генератором ТВВ-320-2	87
<i>Васильев В.А., Ницкий А.Ю.</i> Диагностика мощных питательных насосов ТЭС с использованием ГРИД-технологий и облачных вычислений	102
<i>Тарадай Д.В., Дон Э.А., Гудошников В.С.</i> Установка и сборка валопроводов турбоагрегатов с применением новых методов контроля	106
<i>Куменко А.И., Злобин О.А., Кузнецов П.В.</i> Применение виброгасителей для снижения вибраций турбоагрегатов в эксплуатации	111
<i>Греков Ю.М., Радчик И.И., Трунин Е.С., Замышляев С.М., Скрипников В.И., Адаев А.Н.</i> Комплексная виброналадка блоков 800 МВт на Сургутской ГРЭС-2 с применением балансировочного станка модели ВМ 90000	116
<i>Костюк А.Г., Шатохин В.Ф., Циммерман С.Д.</i> Численное моделирование нестационарных колебаний после внезапной разбалансировки многоопорного ротора с обкатом неуравновешенного ротора по статору	126
<i>Черепенин А.С., Шабакбаев Б.О., Окульский В.Л., Моисеев С.В.</i> Повышение надежности турбоагрегатов 500 МВт Экибастузской ГРЭС-1	140
<i>В.А. Комаров</i> Проблемы безопасности, повреждаемости и вибрации энергетического оборудования в последние годы	148