

В.Н. КОСТЮКОВ, Е.В. ТАРАСОВ, С.Л. ПУТИНЦЕВ
(НПЦ «Динамика», г. Омск)

МОНИТОРИНГ БЕЗОПАСНОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ ОБОРУДОВАНИЯ ТЕПЛОВЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СТАНЦИЙ

Для обеспечения человечества электрической энергией и теплом в XXI веке продолжают широко применяться тепловые электрические станции. Примером такой станции является Рефтинская ГРЭС. Она – одна из крупнейших тепловых электростанций России, работающих на каменном угле. Станция состоит из 10 энергоблоков: шесть энергоблоков (№ 1–6) по 300 МВт каждый и четыре энергоблока (№ 7–10) по 500 МВт каждый. Общее число динамического оборудования на Рефтинской ГРЭС составляет порядка 684 агрегата, при этом системами контроля и блокировки в эксплуатации оснащены только 10 турбогенераторов, вырабатывающих электрическую энергию, а остальное, так называемое вспомогательное динамическое оборудование, не имеет каких-либо средств контроля. Такая же ситуация с оснащением системами контроля 1–2 % динамического оборудования распространена на все тепловые электрические станции.

Мониторинг технического состояния агрегатов – это наблюдение за процессом изменения его работоспособности для предупреждения персонала о достижении предельного состояния. Мониторинг позволяет перевести большинство отказов из категории внезапных для персонала в категорию постепенных вследствие раннего их обнаружения [1].

Отсутствие компьютерного мониторинга с автоматической диагностикой неисправностей на вспомогательном динамическом оборудовании негативно отражается на работе всей станции. Задача вспомогательного оборудования (мельниц, дутьевых вентиляторов, дымососов, градирен, питательных, конденсатных, циркуляционных и сетевых насосов) заключается в обеспечении работы турбогенераторов, при этом многие вспомогательные агрегаты эксплуатируются без резерва, и их внезалпный отказ приводит к снижению объема и качества вырабатываемой электрической энергии, а в некоторых случаях – и к полной остановке энергоблока.

Системы мониторинга технического состояния и автоматической диагностики КОМПАКС® (СДМ) обеспечивают круглосуточный мониторинг изменения технического состояния вспомогательного оборудования и поддержку принятия решений персоналом для обеспечения его надежной работы. Для этого на агрегаты, состоящие из приводного электродвигателя, трансмиссии и исполнительной машины устанавливаются датчики вибрации, в питающие ячейки на подстанции устанавливают датчики тока.

Применение систем компьютерного мониторинга технического состояния и предупреждения аварий КОМПАКС® позволяет обеспечить безаварийную работу вспомогательного оборудования тепловой электрической станции путем автоматической диагностики обнаружения зарождающихся неисправностей и постоянного мониторинга развития неисправностей в реальном времени [2]. Все измеряемые параметры системами КОМПАКС® 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) и передаются персоналу по их запросу для просмотра и анализа (рис. 1, 2, 4, 6) [3].

Также для обеспечения единого информационного пространства посредством ОРС протокола реализуется двухсторонний обмен данными между системой КОМПАКС® и АСУ ТП, а благодаря развернутой на станции диагностической сети Compacts-Net® вся диагностическая информация с систем КОМПАКС® передается на рабочие места специалистов станции, ответственных за безаварийную эксплуатацию динамического оборудования и проведение своевременного и качественного ремонта, что позволяет им быть в курсе всех изменений технического состояния эксплуатируемого оборудования и принимать своевременные меры для обеспечения его безаварийной эксплуатации.

Встроенная автоматическая экспертная система в системах КОМПАКС® ведет распознавание неисправностей и скоростей их роста в соответствии с ГОСТ Р 53565–2009 [4].

Система КОМПАКС® переводит отказы агрегатов из категории внезапных в категорию постепенных, своевременно предупреждая персонал посредством речевого оповещения и вывода на экран экспертных сообщений о проблемах в оборудовании. Благодаря этому системы обеспечивают вывод вспомогательного динамического оборудования в ремонт при полном использовании его ресурсов [(достижении состояния «Требует принятия мер» (ТПМ) или «Недопустимо» (НДП)] и сохранении ремонтопригодности. Автоматическая диагностика обеспечивает приемку оборудования из ремонта с объективной оценкой его состояния и гарантированным качеством ремонта с техническим состоянием «Допустимо».

Примеры работы вспомогательного динамического оборудования под контролем систем КОМПАКС®

- Системой КОМПАКС® был предупрежден аварийный выход из строя вентилятора горячего дутья ЗВГД-А (рис. 1).

В связи с выводом в ремонт агрегата ЗВГД-Б в работу включили вентилятор горячего дутья ЗВГД-А. Сразу при пуске техническое состояние вентилятора соответствовало состоянию НДП по двойному размаху виброперемещения (Spp) со стороны подшипника № 4 (подшипника заднего вентилятора – ПЗВ) (см. рис. 1, участок 1). При этом автоматическая экспертная система провела анализ сигналов и выдала персоналу предупреждение «Проверь_крепление» и «Проверь_подшипник_(сепаратор)».

По рекомендациям системы персонал провел обтяжку крепления и замену смазки, что привело к снижению двойного размаха виброперемещения до технического состояния ТПМ (см. рис. 1, участок 2). Чуть более трех суток подшипник № 4 агрегата ЗВГД-А отработал с техническим состоянием ТПМ (см. рис. 1, участок 2).

Однако дефект сепаратора в подшипнике продолжал развиваться и начался быстрый рост двойного размаха виброперемещения, техническое состояние агрегата перешло в состояние НДП. Система КОМПАКС® выдала персоналу речевое предупреждение о необходимости

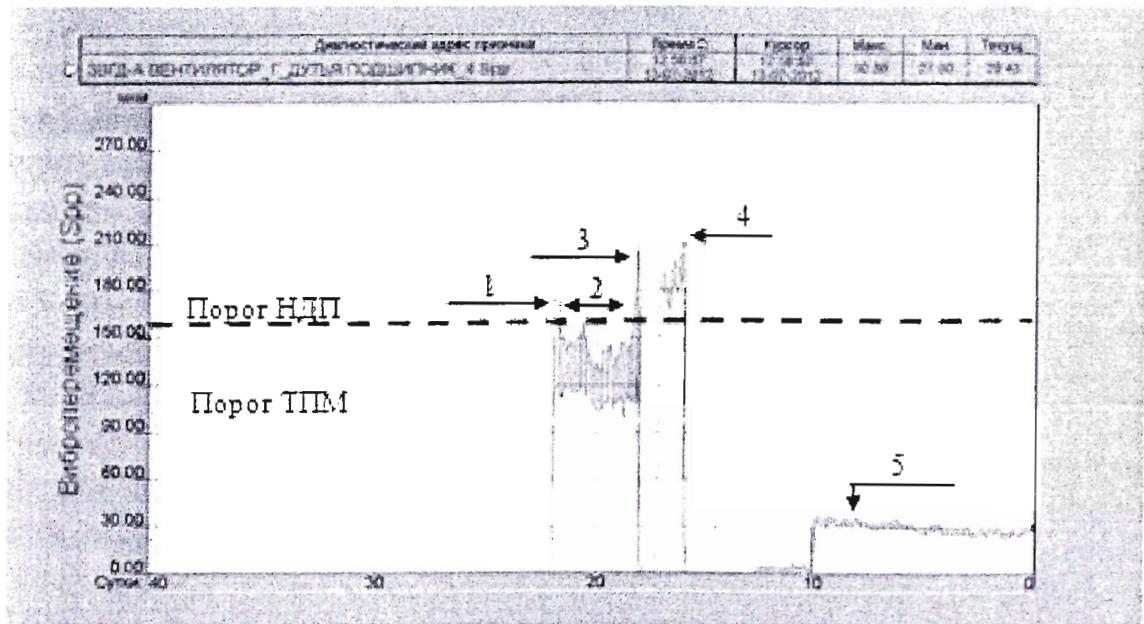


Рис. 1. 40-суточный тренд двойного размаха виброперемещения подшипника № 4 вентилятора горячего дутья 3VГД-А

принятия незамедлительных мер с агрегатом 3VГД-А. Но в связи с тем, что резервный агрегат 3VГД-Б все еще находился в ремонте, было принято решение продолжить эксплуатацию агрегата 3VГД-А под мониторингом системой КОМПАКС® и принять все меры для скорейшего завершения ремонтных работ на резервном агрегате.

Когда двойной размах виброперемещения достиг 190 мкм (см. рис. 1, участок 3) было решено краткосрочно остановить агрегат 3VГД-А. В период остановки персонал провел замену смазки, проверку состояния крепления и центровки (на разбор агрегата не было времени) и продолжил его эксплуатацию. Проведенные мероприятия немного снизили уровень виброперемещения, но техническое состояние агрегата оставалось в зоне НДП. Агрегат под мониторингом технического состояния с автоматической диагностикой системой КОМПАКС проработал ещё более суток до запуска в работу после ремонта 3VГД-Б (см. рис. 1, участок 4).

После проведенного ремонта вентилятора горячего дутья 3VГД-А уровень двойного размаха виброперемещения вала Spp снизился в 7 раз и агрегат в дальнейшем работал с техническим состоянием «Допустимо» (см. рис. 1, участок 5).

Применение системы КОМПАКС® позволило персоналу своевременно получать информацию об изменении технического состояния диагностируемого оборудования, и опираясь на данные, выдаваемые системой КОМПАКС®, принимать оперативные решения по обеспечению безопасной эксплуатации динамического оборудования.

- Дутьевой вентилятор 7ДВ-А работает с техническим состоянием НДП по двойному размаху виброперемещения со стороны подшипника № 4 [подшипника заднего вентилятора (ПЗВ)], рис. 2. Система КОМПАКС® выдала персоналу предупреждения: «Проверь_ балансировку», «Проверь_ крепление».

- Дымосос 7Д-Б работал непродолжительное время в техническом состоянии «Допустимо». СКЗ виброскорости подшипника № 3 [подшипник передний дымососа (ППДс)] находились в пределах 1,8–2,5 мм/с (рис. 4).

При дальнейшей эксплуатации дымососа наблюдался постепенный рост виброскорости в зону ТПМ, а впоследствии и НДП. Автоматическая экспертная система выдала персоналу предупреждение «Проверь_ центровку», «Проверь_ подшипник_ (внутреннюю_ обойму)». На спектре огибающей виброускорения (рис. 5) наблюдается явно выраженная частотная составляющая (162,58 Гц) – «Дефект внутренней обоймы».

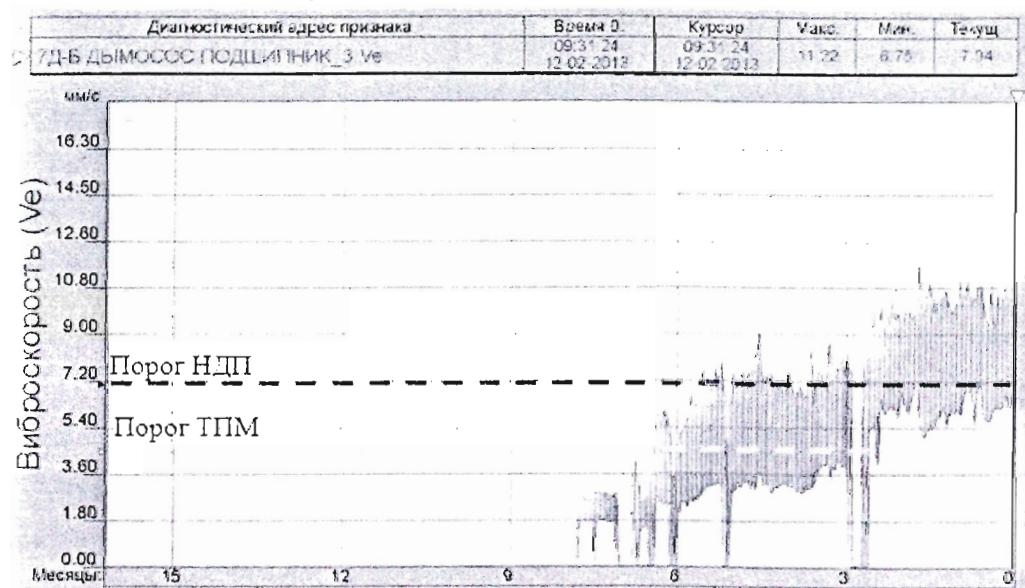


Рис. 4. 15-месячный тренд вибропараметра дымососа 7Д-Б

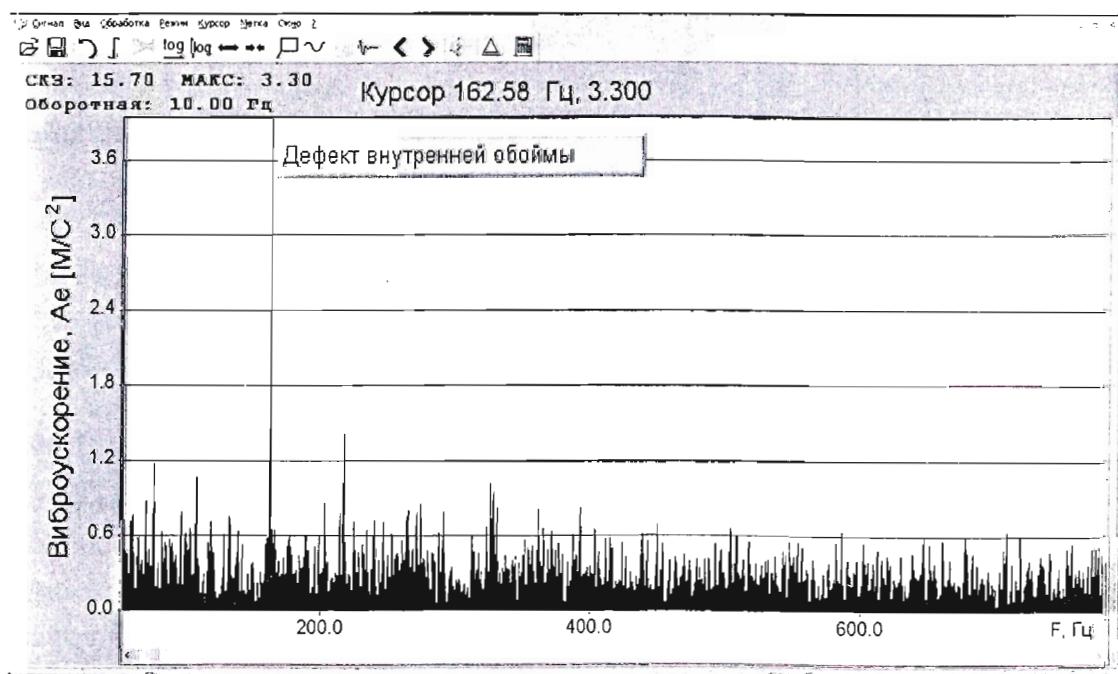


Рис. 5. Огибающая виброускорения дымососа 7Д-Б

В связи с отсутствием требуемого числа запасных частей персонал принял решение продолжить эксплуатацию дымососа под мониторингом технического состояния, обеспечиваляемым системой КОМПАКС®. При дальнейшей эксплуатации дымососа наблюдается медленный рост виброскорости практически до 12 мм/с.

После получения запасных частей на дымососе 7Д-Б проведены ремонтные работы.

В данном случае наличие круглогодичного, постоянного мониторинга неисправностей, обеспечиваемого системой КОМПАКС®, позволило персоналу вести эксплуатацию дымососа 7Д-Б в состоянии НДП, ежеминутно получать обновленные диагностические данные и автоматические экспертные сообщения. При обнаружении системой КОМПАКС® быстрого роста вибропараметров персонал имел возможность своевременно остановить агрегат, не допуская аварийных ситуаций.

- Системой КОМПАКС® был предупрежден случай аварийного выхода из строя вентилятора горячего дутья 8ВГД-Ж (рис. 6). На тренде виброперемещения (Se) подшипника № 2 (ППД) прослеживается постепенный переход агрегата из технического состояния «Допустимо» в состояние ТПМ, а затем и в НДП.

На 40-суточном тренде (см. рис. 6, участок 1, 2) хорошо виден рост виброперемещения с 20 до 400 мкм в течение 4 суток. Система КОМПАКС® выдавала персоналу экспертные сообщения «Проверь_подшипник_(внутреннюю обойму)», «Проверь_центровку».

В связи с отсутствием технологической возможности вывести в ремонт данный вентилятор служба эксплуатации провела замену смазки в подшипнике, что привело к снижению виброперемещения до 230 мкм (см. рис. 6, участок 3), и в таком состоянии под постоянным мониторингом, проводимым системой КОМПАКС®, агрегат эксплуатировался еще четверо суток. Затем агрегат был остановлен, выведен в ремонт и выполнена замена подшипников электродвигателя.

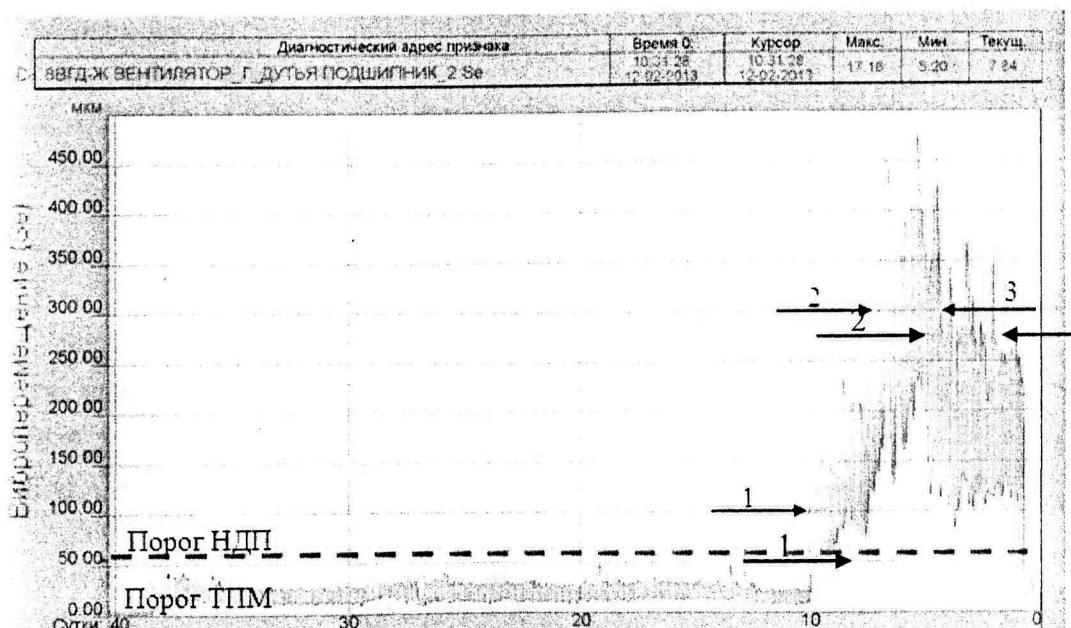


Рис. 6. 40-суточный тренд вибропараметра агрегата 8ВГД-Ж

Выводы

1. Оснащение вспомогательного динамического оборудования стационарной системой мониторинга технического состояния и автоматической диагностики I класса – КОМПАКС® позволяет устранить аварии и так называемые «внезапные отказы», перевести их в категорию «постепенных», «наблюдаемых» и «управляемых» посредством речевого оповещения и вывода на экран экспертных сообщений о проблемах в диагностируемом оборудовании. Благодаря этому обеспечивается вывод агрегата в ремонт при полном использовании его ресурса (достижении состояния «Требует принятия мер» или «Недопустимо») и сохранении ремонтопригодности. Автоматическая диагностика обеспечивает приемку агрегата из ремонта с объективной оценкой его состояния и гарантированным качеством ремонта с техническим состоянием «Допустимо».

2. Наличие системы КОМПАКС®, обеспечивающей мониторинг технического состояния и автоматическую диагностику, позволяет определить причину зарождения и развития неисправностей, фундаментальные причины отказов и помочь персоналу в определении конкретных мероприятий, которые необходимо выполнить для обеспечения долговременной безаварийной эксплуатации динамического оборудования [5].

3. Система КОМПАКС® совместно с диагностической сетью Compacs-Net представляет собой Автоматизированную систему управления безопасной ресурсосберегающей эксплуатацией (АСУ БЭР) оборудования на основе непрерывного мониторинга и диагностики состояния, обеспечивающую полное использование ресурса, заложенного в оборудовании при одновременном сохранении его ремонтопригодности и безопасности производства, контроль качества ремонта агрегатов, исключение отрицательного влияния человеческого фактора, переход от системы ППР к ремонтам по фактическому состоянию и представление объективной информации о состоянии оборудования управляющему персоналу предприятия всех уровней.

4. НПЦ «Динамика» выражает благодарность и признательность персоналу тепловой электростанции в обеспечении надежной, безаварийной эксплуатации динамического оборудования.

Список литературы

1. Костюков, В.Н. Мониторинг безопасности производства / В.Н. Костюков. – М.: Машиностроение. 2002. – 224 с.
2. Костюков, В.Н. Автоматизированные системы управления безопасной ресурсосберегающей эксплуатацией оборудования нефтеперерабатывающих и нефтехимических производств (АСУ БЭР - КОМПАКС®) / В.Н. Костюков, С.Н. Бойченко, А.В. Костюков; под ред. В.Н. Костюкова. – М.: Машиностроение, 1999. – 163 с.
3. ГОСТ Р 53564–2009. Мониторинг состояния оборудования опасных производств. Требования к системам мониторинга. – М.: Стандартинформ. 2010.
4. ГОСТ Р 53565–2009. Мониторинг состояния оборудования опасных производств. Вибрация центробежных насосных и компрессорных агрегатов. – М.: Стандартинформ, 2010.
5. Костюков, А.В. Повышение операционной эффективности предприятий на основе мониторинга в реальном времени / А.В. Костюков, В.Н. Костюков. – М.: Машиностроение, 2009. – 192 с.

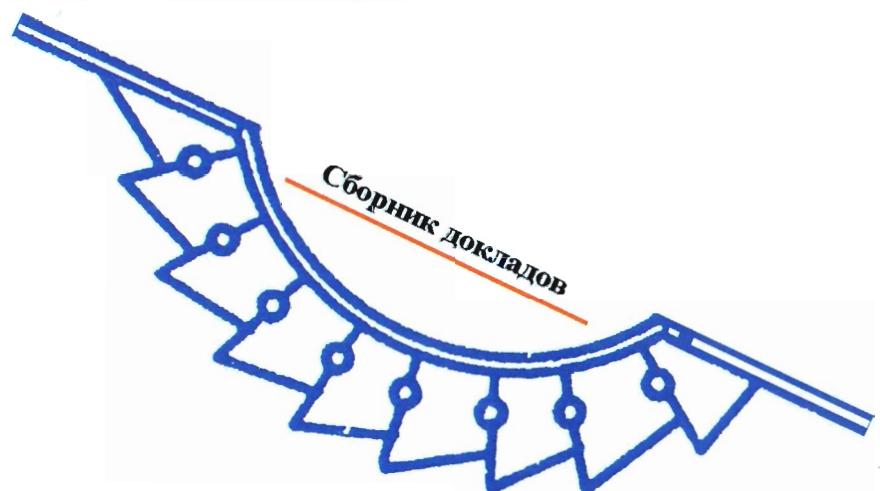


ВТИ
ВСЕРОССИЙСКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ
ИНСТИТУТ



VII МЕЖДУНАРОДНАЯ
НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ
КОНФЕРЕНЦИЯ
19–21 ноября 2013 г.

ПРОБЛЕМЫ ВИБРАЦИИ, ВИБРОНАЛАДКИ, ВИБРОМОНИТОРИНГА И ДИАГНОСТИКИ ОБОРУДОВАНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СТАНЦИЙ



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

Общество с ограниченной ответственностью «Диамех 2000»
(ООО «Диамех»)

VII МЕЖДУНАРОДНАЯ
НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ
КОНФЕРЕНЦИЯ

**ПРОБЛЕМЫ ВИБРАЦИИ, ВИБРОНАЛАДКИ,
ВИБРОМОНИТОРИНГА
И ДИАГНОСТИКИ ОБОРУДОВАНИЯ
ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СТАНЦИЙ**

Сборник докладов
19–21 ноября 2013 г.

Под общей редакцией
канд. техн. наук Д.В. Тарадая

Москва Россия

УДК 620.178.51:621.311.22

ББК 31.37-5

П-78

П-78 Проблемы вибрации, вибраНаладки, вибромониторинга и диагностики оборудования электрических станций: сб. докл. VII Международной научно-технической конференции /под общ. ред. канд. техн. наук Д.В. Тарадая. – М.: ОАО «ВТИ», 2013. – 326 с.
ISBN 978-5-905858-07-9

Посвящен широкому спектру вопросов, касающихся проблем вибрации и повышения вибрационной надежности турбин, генераторов и вспомогательного оборудования ТЭС и АЭС.

Рассматриваются такие темы, как современное вибрационное состояние оборудования электростанций; важнейшие повреждения и технологические нарушения последних лет; диагностика, поиск методов и средств предупреждения различных дефектов оборудования с помощью переносной и стационарной аппаратуры; применение новых технологий при ремонте; станочная балансировка роторов; организации и оптимизация вибраНаладочного процесса; мониторинг крутильных колебаний валопроводов турбоагрегатов и др.

Предназначен для широкого круга специалистов-электроэнергетиков и может быть полезен работникам электростанций, научно-технических, проектно-конструкторских и наладочных организаций.

Редакционная группа ОАО «ВТИ» приносит свои извинения и просит относиться с пониманием за вынужденные сокращения нескольких докладов, поскольку они отличались от научно-технического понимания института. Некоторые доклады были опубликованы с расхождением мнения ведущих специалистов ОАО «ВТИ» целенаправленно, с тем чтобы обсудить эти разногласия на конференции.

ПМБ ВТИ. 115280. Москва, ул. Автозаводская, д. 14/23.
Тираж 120 экз. Зак. № 51.

ISBN 978-5-905858-07-9

© ОАО «ВТИ», 2013

Уважаемые коллеги!

Конференции по вибрации в ОАО «ВТИ» стали приятной и полезной традицией нашего института. Они необходимы, поскольку вибрация – один из важнейших признаков состояния энергетического оборудования. Она строго контролируется при эксплуатации, позволяет рано обнаружить негативные изменения, дефекты оборудования и принять меры, чтобы избежать серьёзных повреждений. Несмотря на накопленные уже опыт и знания, научные исследования и совершенствование конструкций, проблемы с вибрацией вращающихся механизмов сохраняют остроту. Условия, в которых приходится работать, изменяются: с одной стороны, в электроэнергетике понизилась квалификация персонала, ухудшилось качество ремонтных и монтажных работ, но, с другой стороны, появляются новые диагностические системы и улучшаются старые.

Уверен, что у вас есть о чём поговорить и поучиться друг у друга.

Желаю вам плодотворной работы, творческого поиска в коллективном анализе нерешенных проблем и успешного участия на конференции.

Президент ОАО «ВТИ»,
член-корреспондент РАН

Г.Г. Ольховский

Бочкарев Е.В., Биялт М.А., Кистойчев А.В. Реализация мониторинга крутильных колебаний валопроводов турбоагрегата Т-175-130 (УТМЗ).....	195
Зиле А.З., Тарадай Д.В., Томашевский С.Б., Шуранова Ю.А. Расчетная и стендовая отработка методики исследований крутильных колебаний валопроводов	204
Тарадай Д.В., Комаров В.А., Гудошников В.С., Романов Н.Я. Проблемы эксплуатации турбоагрегатов ГТД-20СТ, установленных на металлических фундаментах.....	213
Костюков В.Н., Тарасов Е.В., Путинцев С.Л. Мониторинг безопасной эксплуатации оборудования тепловых электростанций	218
Костюков В.Н., Бойченко С.Н., Науменко А.П., Костюков Ан.В., Костюков Ал.В. Оценка рисков мониторинга технического состояния оборудования ТЭК.....	225
Мынцов А.А., Мынцова О.В. Автоматические экспертные системы диагностирования	236
Соколов Д.В., Мынцов А.А., Кореев А.А. Дооснащение системами диагностики ЗАО «Промсервис» систем мониторинга Bently Nevada 3500	248
Гаев А.В., Шевчук Р.Э. Многоуровневый подход к конечно-элементному моделированию вибрационного состояния элементов турбогенераторов, содержащих композиционные материалы	258
Русов В.А., Софьина Н.Н. Управление обслуживанием и ремонтами вспомогательного оборудования электростанций по техническому состоянию.....	266
Кузьминых Н.Ю., Майоров С.А., Куменко А.И., Тимин А.В. Разработка современных методов моделирования характеристик несущей способности и динамических свойств высоконагруженных подшипников скольжения крупных энергетических турбоагрегатов	280
Куменко А.И., Суминов И.А., Злобин О.А. Динамические характеристики роторов с остаточным прогибом	289
Кузнецов П.В., Кузнецов В.П., Злобин О.А., Куменко А.И., Косменюк О.Н., Бебенин П.А. Диагностика, наладка, исследование, надежность крепления лобовых частей статора турбогенератора типа ТГВ-500	297
Васильев В.А. Современное состояние мощных питательных насосов ТЭС	305
Токаев С.С., Воробьев В.С. Стационарная и переносная вибродиагностическая аппаратура.....	308
Табакарь Д., Марченко Е. Система выверки турбин Easy-Laser® E960.....	321