

Точные  
измерения

Надежная  
защита

Цифровые  
интерфейсы

Полная  
диагностика



АППАРАТУРА КОНТРОЛЬНО-ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ

# **ВИБРОБИТ 500**

МАЛОГАБАРИТНЫЕ МОДУЛИ 2U  
АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ  
ВИБРАЦИОННОЙ ДИАГНОСТИКИ

# Автоматизированные системы вибрационного мониторинга, диагностики и балансировки

## ООО НПП «Вибробит»

НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННОЕ ПРЕДПРИЯТИЕ  
**ВИБРОБИТ**

В статье подробно описаны решения от компании ООО НПП «ВИБРОБИТ», которые позволяют построить комплексную информационную систему мониторинга и диагностики роторного оборудования на промышленном объекте.

ООО НПП «ВИБРОБИТ», г. Ростов-на-Дону

Основным направлением деятельности ООО НПП «ВИБРОБИТ» является разработка и производство автоматизированных систем контроля вибрации и механических величин (АСКВМ), автоматизированных систем вибрационной диагностики (АСВД), предназначенных для непрерывного стационарного измерения и оценки технического состояния паровых, газовых турбин, гидроагрегатов, турбокомпрессоров, центробежных насосов и других машин во время их эксплуатации.

Активное сотрудничество с крупными отечественными и зарубежными производителями роторного оборудования, в том числе АО «Уральский турбинный завод», ПАО «Силовые машины», ПАО «Калужский турбинный завод», ОАО «Турбоатом» и другими компаниями, дает возможность построения оптимальных, полностью совместимых систем контроля вибрации АСКВМ «Вибробит» с учетом механических и технических характеристик контролируемого оборудования.

Широкая номенклатура продукции и услуг, предоставляемых ООО НПП «ВИБРОБИТ», охватывает все потребности заказчика по построению автоматизированных стационарных систем мониторинга вибрации и диагностики технического состояния роторного оборудования от одного производителя.

ООО НПП «ВИБРОБИТ» выпускает следующее аппаратное и программное обеспечение:

- ▶ датчики, первичные усилители и преобразователи;
- ▶ механизмы установки, аксессуары, проверочные стенды;
- ▶ измерительные и вспомогательные вторичные модули, сервисное оборудование;
- ▶ программно-технический комплекс (ПТК) «Интегрированная система вибрационного мониторинга (ИСВМ) «Вибробит Web.Net.Monitoring»;
- ▶ ПТК «Автоматизированная система вибрационной диагностики (АСВД) «Вибробит Web.Net.Diagnostics»;
- ▶ ПТК «Автоматизированная система динамической балансировки (АСДБ) «Вибробит Web.Net.Balancing».

### ИСВМ «Вибробит Web.Net.Monitoring»

Интегрированная система вибрационного контроля и мониторинга (ИСВМ) «Вибробит Web.Net.Monitoring» предназначена как для оперативного мониторинга, так и для объединения систем контроля вибрации и механических величин (рис. 1).

Данное решение позволяет принимать и обрабатывать любые параметры (дискретные, комплексные) по цифровым каналам связи из большинства современных ПТК. Прикладное программное обеспечение имеет многоуровневую распределенную архитектуру типа «клиент – сервер».

ИСВМ «Вибробит Web.Net.Monitoring» построена на базе современных веб-технологий. Резервирует результаты измерений со всех АСКВМ и предоставляет специалистам и удаленным

пользователям в сети интернет доступ к состоянию любого из агрегатов локальной сети предприятия. В ИСВМ реализованы модули балансировки валов турбоагрегатов, насосов ПЭН, ПТН, а также функции автоматизированной вибрационной диагностики. Пользователи независимо от их месторасположения обращаются к веб-серверу вибромониторинга, пользуясь браузером интернет-страниц. Пройдя аутентификацию, пользователь имеет возможность выбрать интересующее его оборудование, которое необходимо проконтролировать. Он может просмотреть его текущее состояние, отраженное в таблицах, на графиках, мнемосхемах, в отчетах и т. д.

Основные преимущества применения веб-технологий для организации доступа к вибрационному состоянию оборудования:

- ▶ надежная встроенная система аутентификации пользователей, позволяющая реализовать разграничение прав доступа к информации и управлению параметрами системы вибрационного мониторинга;
- ▶ на компьютеры клиентов системы мониторинга не требуется приобретать индивидуальные лицензии, поэтому клиенты системы мониторинга получают доступ к данным мониторинга с помощью установленного на их компьютеры браузера интернет-страниц (например, Chrome, Internet Explorer, Firefox, Opera) и не зависят от установленной операционной системы (Windows, Linux и т. д.);

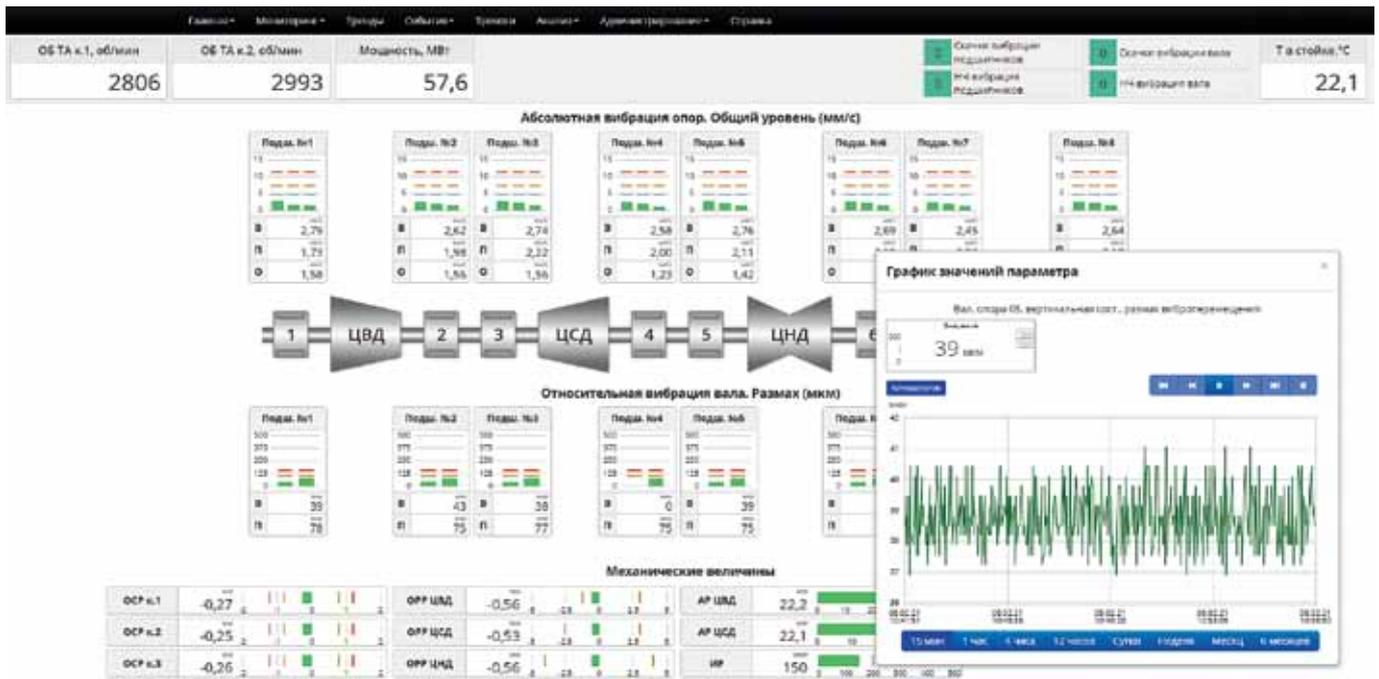


Рис. 1. Мнемосхема мониторинга турбоагрегата

- ▶ обновление ПО сервера не требует обновления ПО клиентов;
- ▶ реализация полноценной системы мониторинга контролируемого оборудования с предоставлением всевозможных отчетов, таблиц, графиков, диаграмм и т. д.;
- ▶ организация первичных вибродиагностических работ без необходимости выезда специалиста;
- ▶ гибкая система изменения дизайна и языковой настройки представления данных в соответствии с региональными настройками пользователя;
- ▶ передача данных по стандартным протоколам сети интернет, не требующим изменения конфигурации сетевого оборудования провайдеров сети интернет.

Стандартно предусмотрены следующие страницы: таблицы параметров, мнемосхемы, гистограммы, осциллограммы и спектрограммы сигнала, полярные диаграммы, АФЧХ и графики зависимостей параметров, орбиты движения ротора и опор, графики, отчеты, окно идентификации дефектов, окно подбалансировки валопровода, журналы событий.

В системе реализован интуитивно понятный интерфейс с учетом индивидуальных предпочтений конкретного пользователя и поддержкой мультиязычности. При этом есть возможность использовать для каждой учетной записи свои настройки, в том числе язык интерфейса.

- Особенности системы ИСВМ «Вибробит Web.Net.Monitoring»:
- ▶ эффективный анализ трендов параметров с помощью свечек (рис. 2);
  - ▶ детектирование режимов работы объекта мониторинга;
  - ▶ автоматическая фиксация амплитудно-фазовых частотных характеристик (АФЧХ) на пусках и остановках турбоагрегатов (рис. 3);
  - ▶ контроль отклонения измеряемых параметров от базовых значений (безаварийной работы агрегата);
  - ▶ ручная диагностика агрегата с помощью анализа спектров сигнала,

спектра огибающей, орбит движения ротора (рис. 4, 5), всплывтия и смещения вала в области подшипников.

Контроль за состоянием оборудования может осуществляться не только с традиционных стационарных рабочих мест специалистов, но и с мобильных устройств, например планшетных компьютеров.

При организации беспроводной технологической Wi-Fi-сети появляется новый сервис, который раньше был недоступен или затруднен, — это функции полноценного мониторинга стационарной системы в непосред-



Рис. 2. Тренды параметров в виде свечек

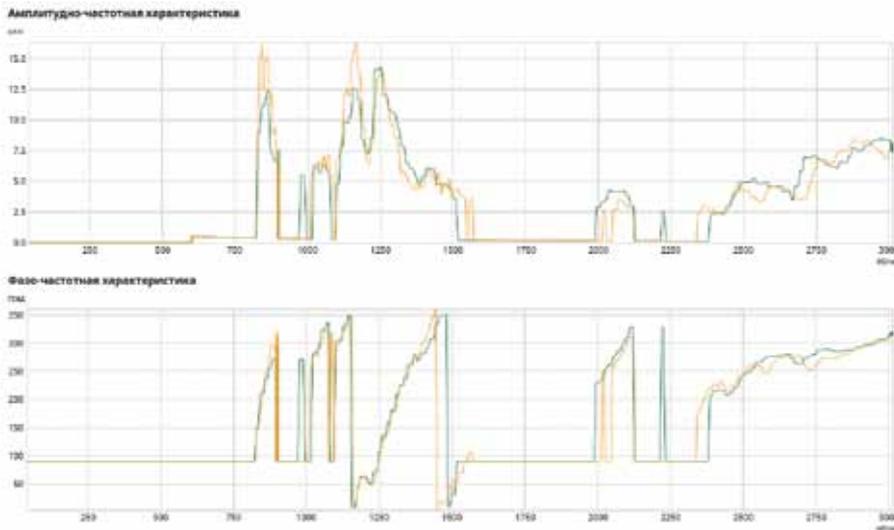


Рис. 3. Сравнение АФЧХ двух пусков турбоагрегата

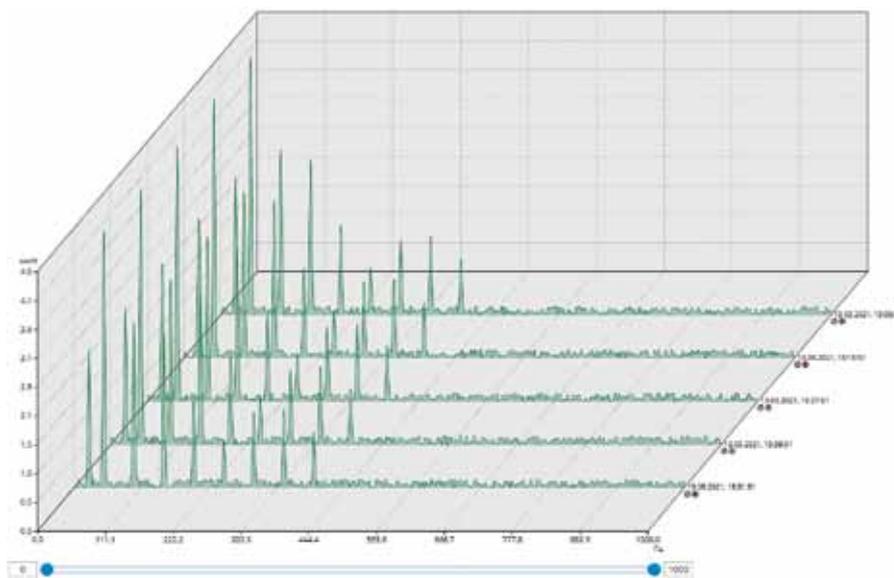


Рис. 4. Каскадный спектр виброскорости

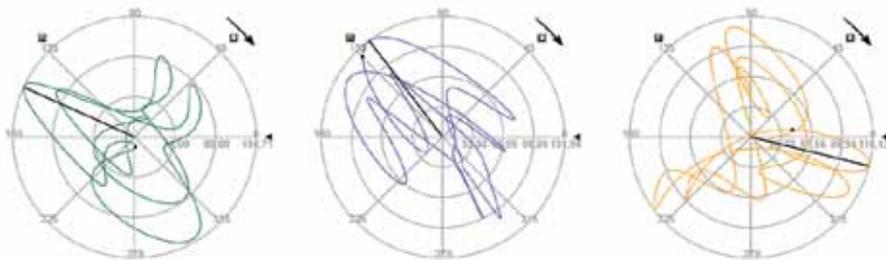


Рис. 5. Орбита движения центра вала в шейке подшипника

венной близости от контролируемого оборудования.

Наличие у обслуживающего персонала полной оперативной информации о состоянии объекта контроля при планировании и проведении регламентных или ремонтных работ может существенно снизить сроки выпол-

нения работ и повысить их качество. Например, при проведении проверки работоспособности (поверки) каналов измерения вибрации, сравнении с эталонным переносным измерительным прибором или установке датчика на вибростенд специалисты имеют возможность контролировать показания

стационарной системы вибрационного контроля, строить графики изменения параметров, формировать отчеты и т. д.

Другой пример. Во время проведения балансировочных работ специалисты выполняют предварительный расчет расстановки балансировочных грузов на своем рабочем персональном компьютере. При выходе к агрегату с планшетом они имеют то же программное обеспечение, что и на персональном компьютере, с расчетными данными в электронном виде. Непосредственно возле агрегата в случае необходимости существует возможность изменить критерии балансировки, произвести перерасчет (корректировку) расстановки грузов и зафиксировать внесенные изменения в балансировочной базе данных, провести анализ выполненной балансировки.

#### АСВД «Вибробит Web.Net.Diagnostics»

Автоматизированная система вибрационной диагностики (АСВД) «Вибробит Web.Net.Diagnostics» предназначена для непрерывной стационарной вибрационной диагностики технического состояния паровых и газовых турбин, гидроагрегатов, турбокомпрессоров, центробежных насосов и других машин, смонтированных на подшипниках, во время их эксплуатации. Решение выполнено на основе ИСВМ «Вибробит Web.Net.Monitoring» с реализацией вибродиагностических алгоритмов ООО НПП «ВИБРОБИТ» и сторонних экспертов по вибрационной диагностике.

АСВД «Вибробит Web.Net.Diagnostics» обеспечивает эффективную работу роторного оборудования, повышает уровень безопасности и безаварийность технологических процессов. Оперативный персонал своевременно получает полную и достоверную информацию о состоянии технологического оборудования, благодаря чему повышается уровень обслуживания.

Система позволяет своевременно выявить возможные дефекты технологического оборудования, обеспечивает обслуживание виброналадочных работ и таким образом позволяет снизить затраты на эксплуатацию и ремонт оборудования. Реализуются следующие функции:

- ▶ определение диагностируемых дефектов (рис. 6), степень их развития

	Опора 3	ВПВ-2А	Опора 4	Опора 3	ВПВ-2Б	Опора 4
Технологический дисбаланс		0,58			0,94	
Бой вала (муфты)		0,45			0,32	
Проскальзывание подшипника						

Рис. 6. Матрица диагностики вентилятора

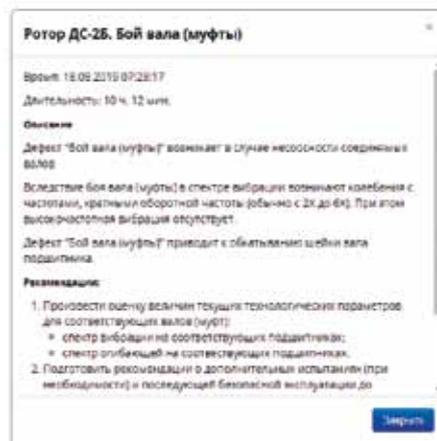


Рис. 7. Рекомендация специалистам по вибрационной диагностике

и выдача рекомендаций персоналу (рис. 7);

- ▶ представление подробной информации на видеокадрах диагностической станции;
- ▶ регистрация и документирование информации;
- ▶ ведение архивов;
- ▶ поддержка виброналадочных работ;
- ▶ обмен информацией со смежными системами по цифровым протоколам.

Обработывая текущую информацию о вибрационных и тепломеханических параметрах с учетом режимов работы турбоагрегата, АСВД «Вибробит Web.Net.Diagnostics» позволяет выявить дефекты, среди которых:

- ▶ трещина в роторе;
- ▶ дисбалансы;
- ▶ нарушение центровки роторов;

- ▶ дефекты сопряжения жестких муфт (коленчатая стыковка, излом оси);
- ▶ износ баббита в подшипнике;
- ▶ ослабление в опорной системе;
- ▶ торцевые и радиальные задевания;
- ▶ эллипсность шеек ротора;
- ▶ внезапный дисбаланс;
- ▶ масляная низкочастотная вибрация;
- ▶ паровая низкочастотная вибрация;
- ▶ разрыв стяжных болтов;
- ▶ дефекты монтажа и износ подшипников качения.

Кроме перечисленных система позволяет диагностировать и другие дефекты, характерные для конкретного роторного оборудования.

Специалистам по вибрационной диагностике предоставляется возмож-

ность создавать собственные алгоритмы, корректировать и тестировать их. Настройка алгоритма диагностики заключается в создании алгоритмов, основанных на математическом аппарате нечеткой логики, благодаря чему появляется возможность определять не только наличие, но и степень развития дефекта (рис. 8).

Эксперты, описывая признаки дефектов, оперируют не конкретными значениями параметров состояния агрегата, а обобщенными понятиями или терминами (лингвистическими

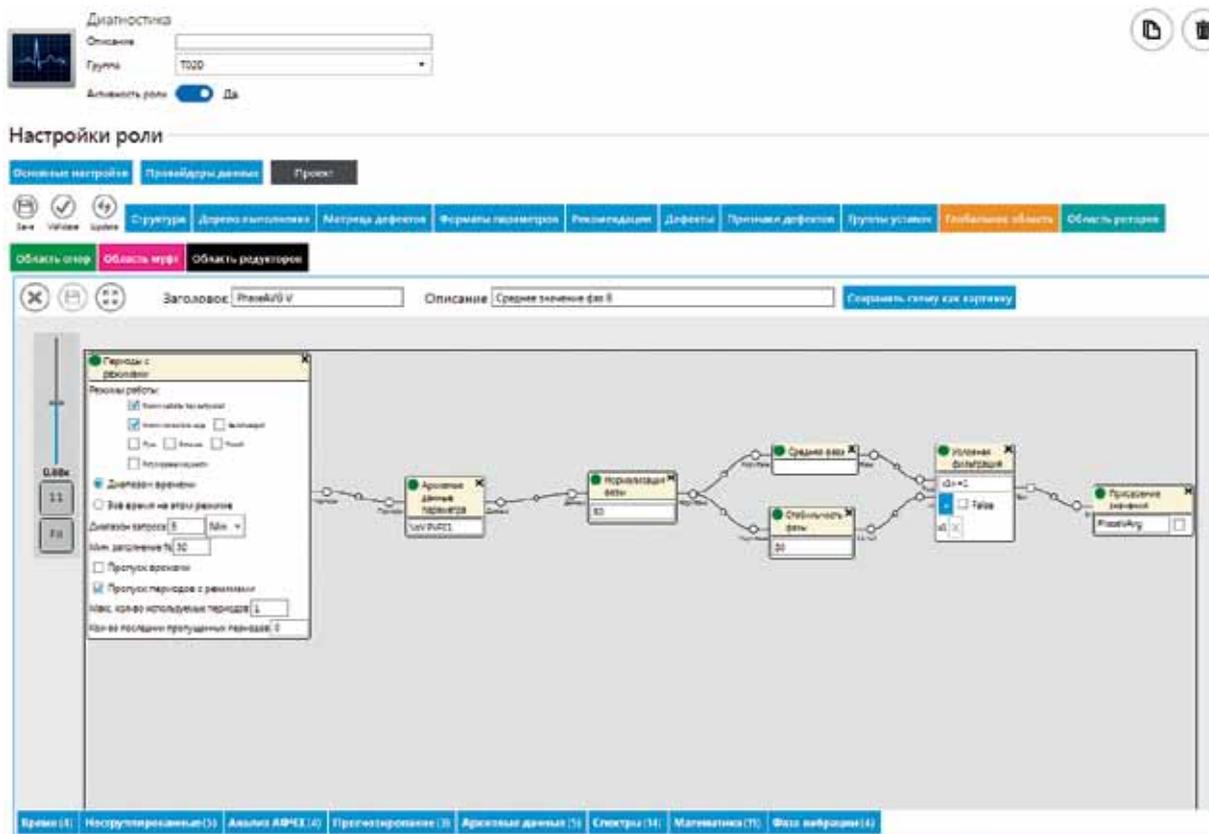


Рис. 8. Конфигурирование алгоритма детектирования дефекта

переменными) и методиками анализа с учетом режимов работы агрегата. Первоначально строится диагностическая модель объекта диагностики и определяются возможные места возникновения дефектов. Далее создаются и настраиваются диагностические проекты. Каждый диагностический проект состоит из задач по выявлению конкретных диагностических дефектов и состояний объекта в целом.

### АСДБ «Вибробит Web.Net.Balancing»

Определение технического состояния роторных машин в первую очередь заключается в определении динамической сбалансированности ротора (валопровода). Динамические силы от дисбаланса являются наиболее мощными возмущающими силами в механизме. Основа динамической балансировки роторного механизма – это снижение вибрации на подшипниках, что обеспечивает безопасную эксплуатацию агрегата.

Автоматизированная система динамической балансировки (АСДБ) «Вибробит Web.Net.Balancing» предназначена для проведения балансировки роторов машин на собственных подшипниках. Расчет балансиروчных масс осуществляется согласно РД 153-34.1-30.604-00 «Методические указания по балансировке многоопорных валопроводов турбоагрегатов на электростанциях».

АСДБ «Вибробит Web.Net.Balancing» поддерживает следующие функции:

- ▶ расчет масс и положения балансиروчных грузов в зависимости от выбранного критерия оптимизации;
- ▶ расчет остаточной вибрации после установки балансиروчных грузов;
- ▶ расчет и корректировка матриц динамических коэффициентов влияния;
- ▶ прием значений параметров вибрации от ИСВМ «Вибробит Web.Net. Monitoring» и ручной ввод;
- ▶ долговременное хранение архива проведения балансировочных работ;
- ▶ построение отчетов балансиروчных работ;
- ▶ одновременная работа с несколькими объектами балансировки в многопользовательском режиме;
- ▶ возможность сохранения текущего этапа балансировки на длительное время;

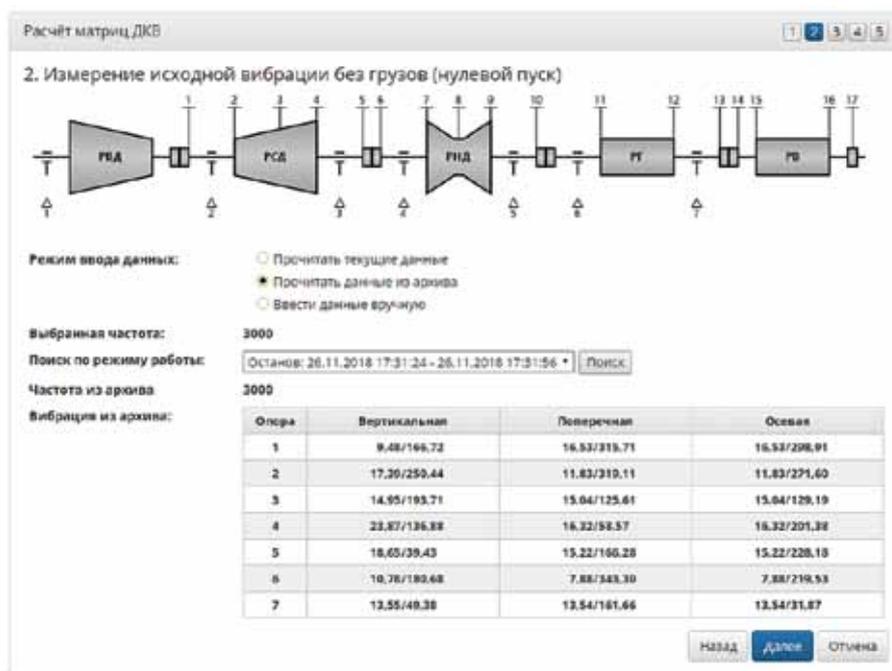


Рис. 9. Расчет матриц динамических коэффициентов влияния

▶ использование планшетных компьютеров и беспроводной связи для работы непосредственно около объекта балансировки;

▶ ведение журнала установки и съема балансиروчных грузов.

В АСДБ «Вибробит Web.Net.Balancing» реализован интуитивно понятный интерфейс пользователя, позволяющий удобно и качественно выполнять балансировку роторов и валопроводов (рис. 9).

### Заключение

Предлагаемые ООО НПП «ВИБРОБИТ» технические решения и информационные технологии по реализации комплексной информационной системы мониторинга и диагностики оборудования промышленных объектов позволяют повысить безопасность эксплуатации промышленных объектов за счет построения системы не только контрольно-защитного отключения и сигнализации, но и технического состояния оборудования.

Данные решения помогают повысить контроль рабочих процессов и общую культуру производства. С их помощью проще оценивать технологическую дисциплину эксплуатации промышленного оборудования, они дают возможность контролировать в режиме реального времени экономические и производственные показатели подотчетных предприятий.

Внедрение автоматизированных систем ООО НПП «ВИБРОБИТ» позволит перейти от плановых ремонтных работ к фактическим, что значительно снижает затраты.

Благодаря создаваемому резервному хранилищу базы данных технического состояния контролируемого оборудования с разделением по типам можно уточнять и оптимизировать диагностические алгоритмы выявления дефектов на ранних стадиях. Информация из хранилища поступает в распоряжение высококвалифицированных групп технической диагностики и оценки состояния промышленного оборудования, позволяя систематизировать статистическую информацию для раннего достоверного предупреждения развития дефектов.

ООО НПП «ВИБРОБИТ» продолжает разработку новых аппаратных и программно-технических средств для автоматизированных систем вибрационного контроля и технической диагностики, повышающих безопасность и эффективность эксплуатации промышленного оборудования.

А. Г. Добряков, директор,  
В. Е. Иващенко, начальник ОАСУ,  
ООО НПП «ВИБРОБИТ», г. Ростов-на-Дону,  
тел.: +7 (863) 218-2475,  
e-mail: info@vibrobit.ru,  
сайт: www.vibrobit.ru