ДИНАМИКС
МОДЕЛИРОВАНИЕ И ИСПЫТАНИЯ

SIEMENS
Ingenuity for life

Решения для периодической виброакустической диагностики и оценки состояния промышленного оборудования. Опыт применения в промышленности.

Глеб Анищенко

Пример: Agfa Graphics
Повышение эффективности диагностики вибраций с использованием SCADAS XS

SIEMENS
Ingenuity for life

Industrial machinery and heavy equipment

Agfa Graphics

LMS SCADAS XS helps Agfa Graphics improve efficiency when investigating vibrations and studying dynamic machine behavior

Product
LMS

Business challenges
Delivering around-the-world service on tight deadlines
Limiting vibration in the production process
Addressing large numbers of measurements required to identify vibrations for online and offline quality control
Identifying different resonance frequencies that occur when the production line accelerates to minimize/prevent vibrations

Keys to success
Exceptional mobility, light weight and small size of LMS SCADAS XS
Smart functionalities suited to vibration control and troubleshooting
Standalone use or as a front-end connected to a laptop for more complex data measurements

Testing solution from Siemens PLM Software helps Agfa Graphics reduce vibrations and deliver top-quality printing plates for customers worldwide

Agfa Graphics is Agfa's largest business unit, producing the majority of all chemistry-free printing plates in the world and supplying prepress technology to one-fourth of the world's newspapers. Printing plates, the pivotal elements in the printing process, are Agfa Graphics' core business.

With a strong reputation built through years of experience and an incessant drive for innovation, Agfa Graphics maintains a focus on quality, first and foremost. To help businesses grow profitably and deliver the best possible printing results for millions of copies in a cost-efficient way, Agfa Graphics makes certain that plates undergo thorough quality checks and maintain exceptional dimensional stability on the printing press.

"…раньше работа занимала 1 неделю,
сейчас 2 дня"

Быстрая диагностика с помощью SCADAS XS

SIEMENS
Ingenuity for life

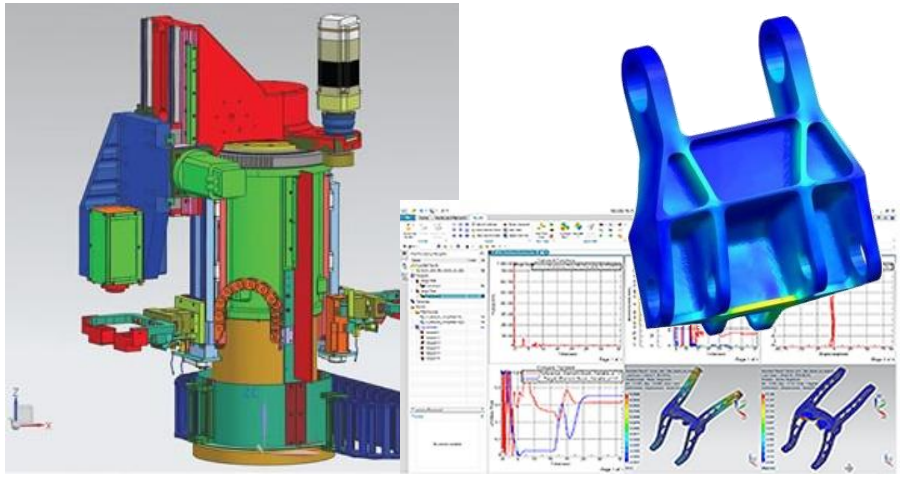
- Исключительная мобильность
- Универсальность
- Простота использования
- Инженерный подход

ДИНАМИКС
МОДЕЛИРОВАНИЕ И ИСПЫТАНИЯ

Задачи вибродиагностики

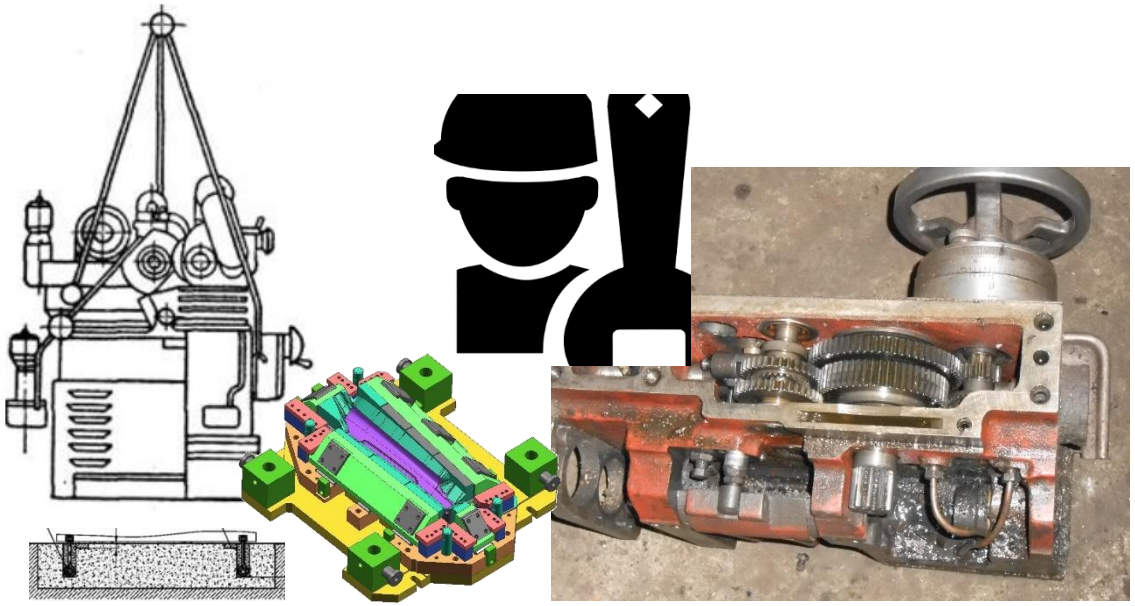
Производитель оборудования

- ✓ Выбор конструктивных решений
- ✓ Подготовка «цифрового двойника»
- ✓ Монтаж и пуско-наладка оборудования
- ✓ Сопровождение в эксплуатации
- ✓ Модернизация



Эксплуатант оборудования

- ✓ Монтаж и пуско-наладка оборудования
- ✓ Диагностика состояния
- ✓ Техническое обслуживание и ремонт
- ✓ Проектирование оснастки
- ✓ Форсирование режимов работы



ДИНАМИКС
МОДЕЛИРОВАНИЕ И ИСПЫТАНИЯ

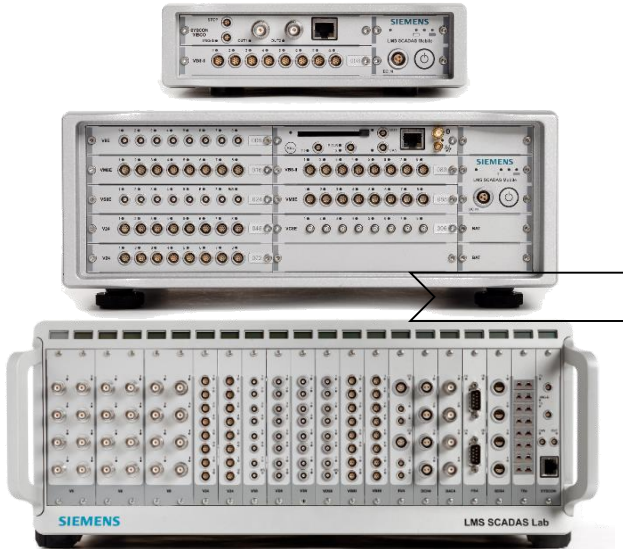
Типовые инструменты вибродиагностики

Производитель оборудования

- ✓ Большое количество каналов
- ✓ Различные типы датчиков
- ✓ Широкие возможности обработки
- ✓ Автоматизированные отчеты
- X Стационарное или ограниченно мобильное исполнение

Эксплуатант оборудования

- ✓ Наладонные или переносные
- ✓ Вычисления в реальном времени
- ✓ Специализированные функции обработки
- X Обычно 1-4 канала
- X Маленький экран
- X Ограниченная интерпретация результатов
- X Уникальные форматы данных



SCADAS XS

ДИНАМИКС
МОДЕЛИРОВАНИЕ И ИСПЫТАНИЯ

LMS SCADAS XS
Основные характеристики аппаратного обеспечения

SIEMENS
Ingenuity for life

- ✓ **Помещается в кармане**
- ✓ **Легкий (540 гр)**
- ✓ **Простота в использовании**
- ✓ **Автономная работа в течение всего рабочего дня**

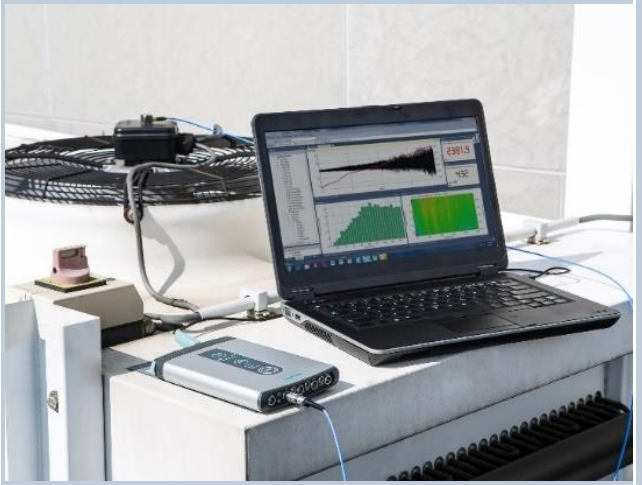
- 12 V/ICP/TEDS каналы через 4 прочных LEMO разъема
- Headset interface - Digital Head interface - 2 analogue tacho - CAN Bus and GPS

- Компактный размер
- (В 170 мм x Ш 114 мм x Т 23 мм)
- USB, WLAN и LAN

- Встроенная аккум. Батарея +6 часов автономной работы
- Хранение данных на SD карте
- “Персональная” (12A) и «Сетевая» (12N) версии

ДИНАМИКС
МОДЕЛИРОВАНИЕ И ИСПЫТАНИЯ

Различные режимы применения LMS SCADAS XS

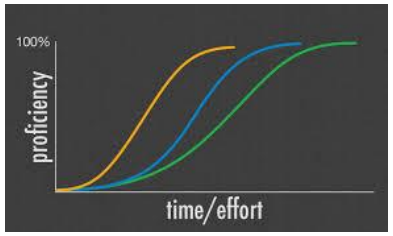
Автономно	Планшет	Ноутбук	Распределенные
			

Типовой сценарий №1. Пример

ДИНАМИКС
МОДЕЛИРОВАНИЕ И ИСПЫТАНИЯ

Быстрая диагностика с помощью SCADAS XS

SIEMENS
Ingenuity for life

Исключительная мобильность	**В любое время – Где угодно** Портативный – Легкий – Интеллектуальный	
Универсальность	**Любая задача – один инструмент** Диагностика в источнике – Поиск причин и следствий вибрации и шума – ISO измерения и сертификация	
Простое использование	**Нет необходимости в обучении – быстрая ROI** Простой GUI – Простая настройка – Интуитивное использование	
Инструмент для техника	**Нет зависимости от экспертов** Шаблонные процедуры - Блокировка настроек	

Полностью автономные измерения
Периодический мониторинг на объекте

Сценарий:

- Техник зарегистрировал проблему вибрации/шума на энергостанции в Бразилии
- Эксперт по вибрации анализирует собранные данные в России
- Периодический мониторинг вибрации

Экспертная команда анализирует данные в Test.Lab

Техник выполняет измерения

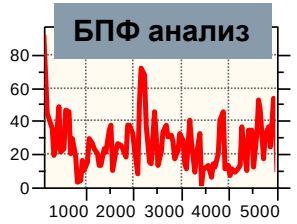
Регистрация по нажатию одной кнопки

- ✓ **Измерение выполняет техник (загруженная процедура запускается по одной кнопке)**
- ✓ **Нет необходимости для командировки эксперта**
- ✓ **Быстрый анализ причин и следствий/последствий**

ДИНАМИКС
МОДЕЛИРОВАНИЕ И ИСПЫТАНИЯ

Расширение возможностей SCADAS XS с ПО LMS Test.Xpress

БПФ анализ

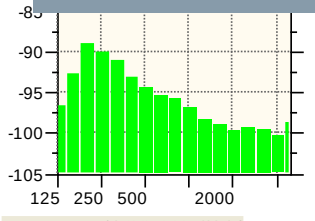


Анализатор

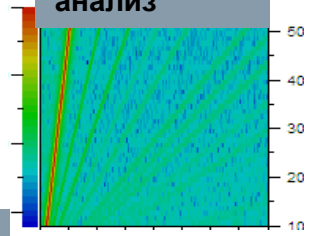
ISO измерения

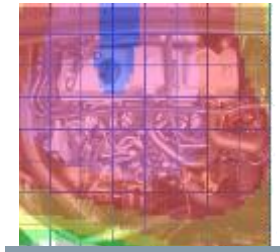
ISO звуковая мощность

Октавный анализ



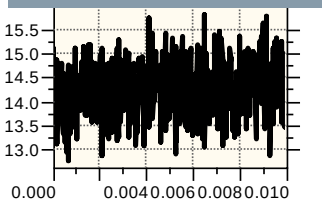
Порядковый анализ



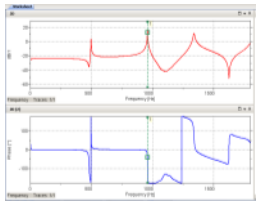


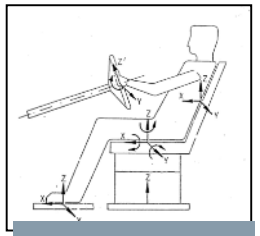
ISO интенсивность звука

Временной сигнал



Ударные испытания

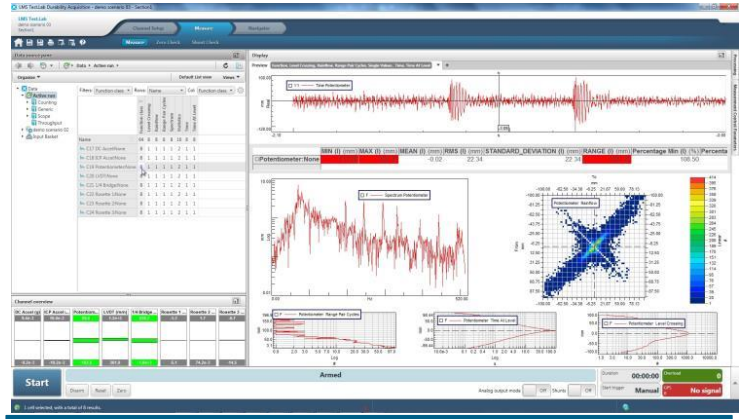




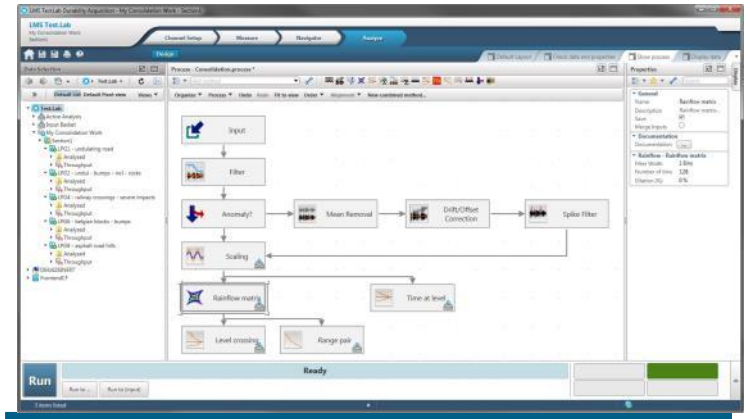
ISO вибрации

Анализ вибрации, шума и усталостной долговечности

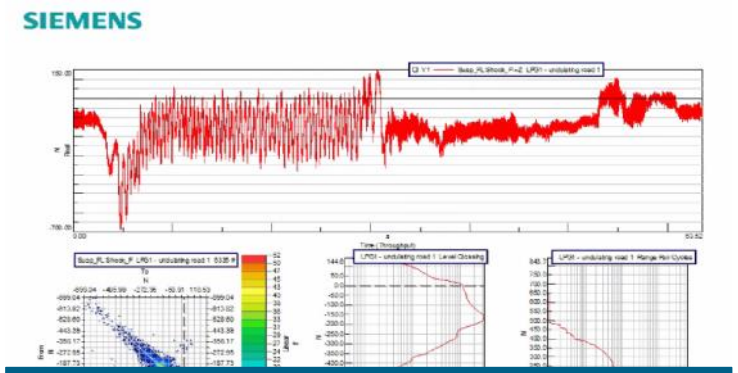
Специализированные инструменты и методы обработки, анализа и интерпретации результатов



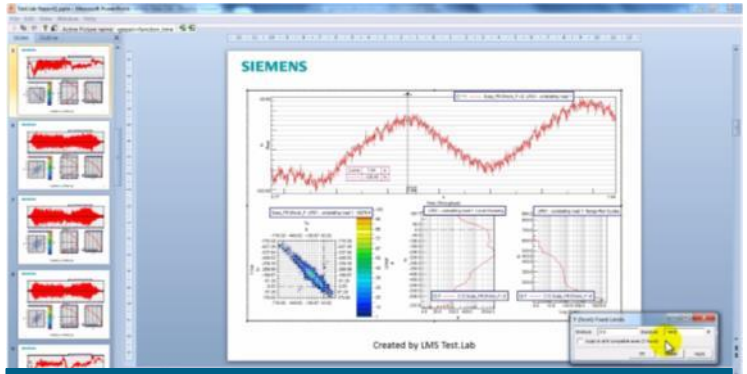
Представление результатов



Пакетная обработка



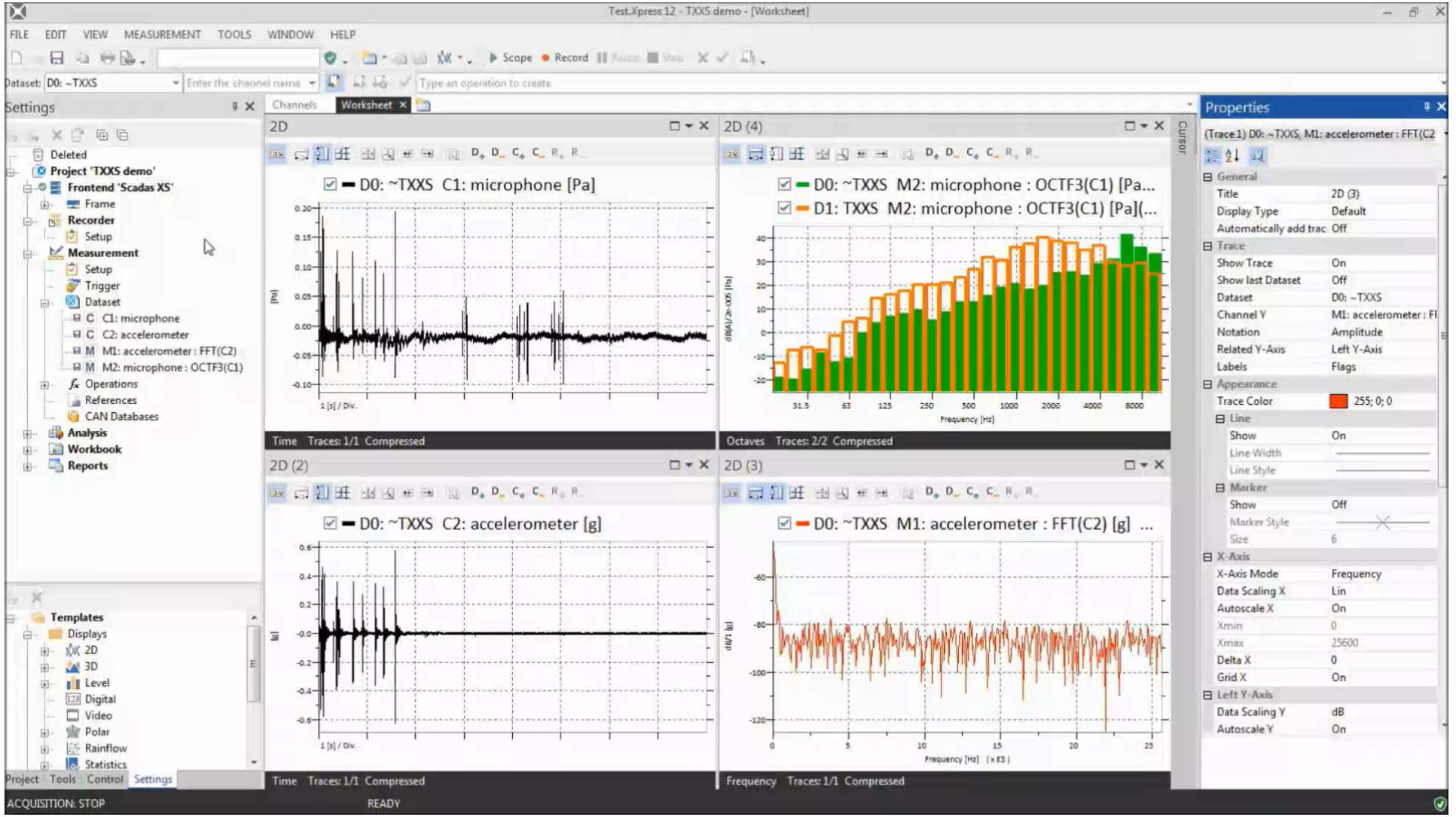
Мощные средства для отчетов



ActiveX Pictures

ДИНАМИКС
МОДЕЛИРОВАНИЕ И ИСПЫТАНИЯ

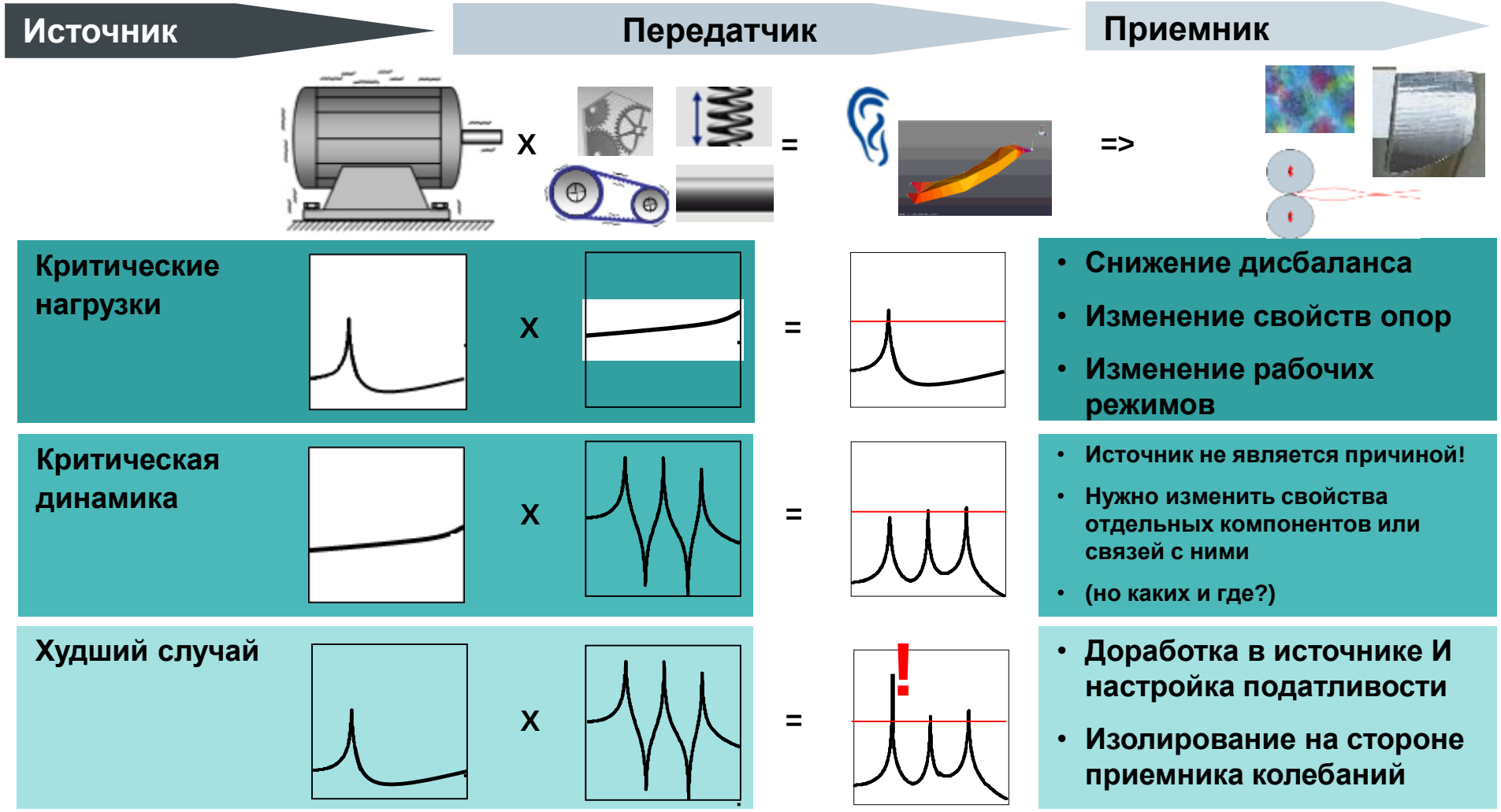
Типовой сценарий №1. Пример ПО TestXpress



ДИНАМИКС
МОДЕЛИРОВАНИЕ И ИСПЫТАНИЯ

Причинно-следственный анализ вибрации и шума

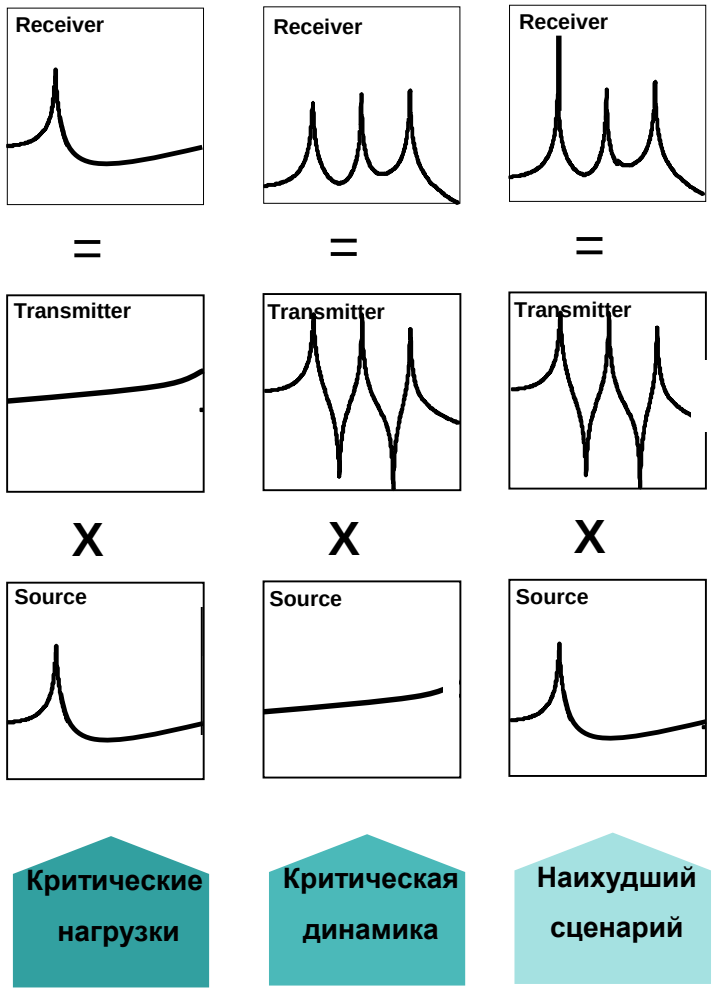
Инженерный подход



ДИНАМИКС
МОДЕЛИРОВАНИЕ И ИСПЫТАНИЯ

Причинно-следственный анализ вибрации и шума

Методы измерений и анализа



Измерения в рабочих условиях

- Гармонический анализ
- Спектральный анализ
- Октавный анализ
- Фильтрация и аудио-воспроизв-е
- Анимация во временной области
- Анализ вынужденных колебаний
- Когерентный анализ
- Анализ огибающей

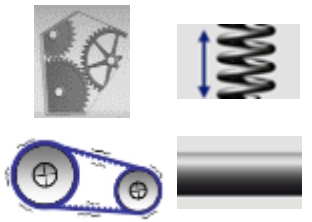
Анализ динамики системы

- Измерения передаточных ф-ий
- Модальный анализ
- Автоматический модальный анализ
- Операционный модальный анализ

Идентификация нагрузок

- Гармонический анализ
- Спектральный анализ
- Когерентный анализ
- Частотно-временной анализ
- Анализ вынужденных колебаний
- Анализ огибающей
- Прямые методы измерения нагрузок
- Обратные методы идентификации нагрузок
- Анализ вклада отдельных нагрузок
- Анализ вклада отдельных путей передачи колебаний

Экспериментальные методы для диагностики и исправления проблем с динамической податливостью конструкции



Испытания и моделирование: Корреляция и уточнение расчетных моделей

Измерение

- Модальный анализ в условиях свободного вывешивания
- Искусственное возбуждение колебаний (молоток или вибростенд)
- Частотный диапазон анализа определяет количество датчиков

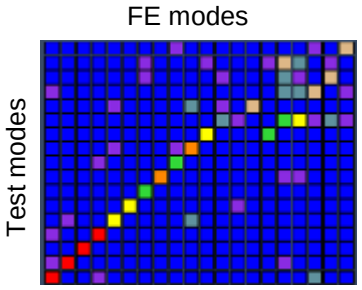
FE модель

- Твердотельная и оболочечная модель
- Вычисление ‘Нормальных мод’

Корреляция и уточнение

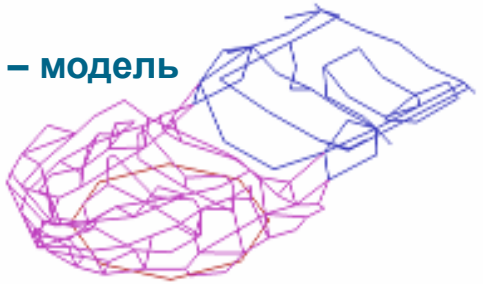
- Низкие частоты: MAC матрица
- Высокие частоты: Сравнение АЧХ

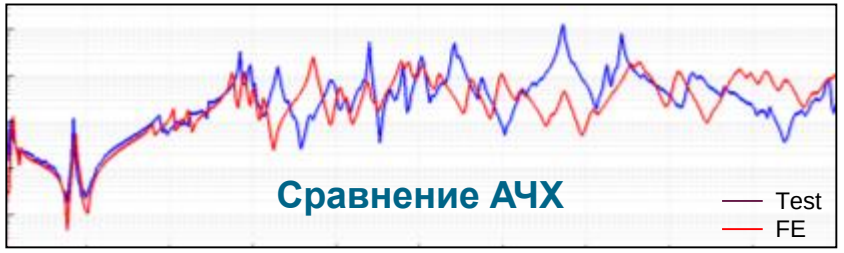
Станина ветрогенератора



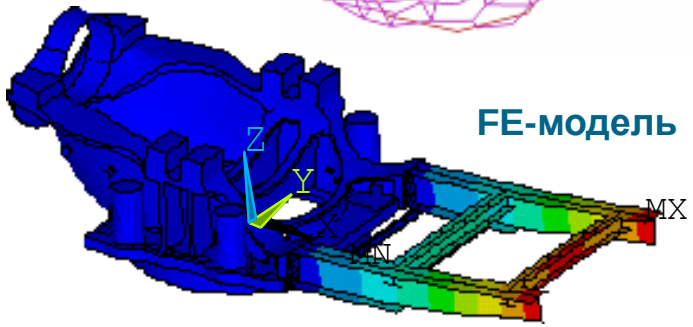
MAC
Матрица

Test – модель



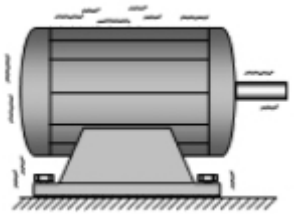


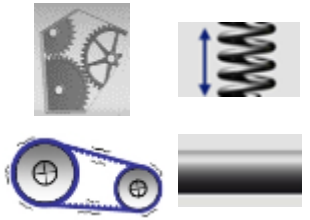
FE-модель



ДИНАМИКС
МОДЕЛИРОВАНИЕ И ИСПЫТАНИЯ

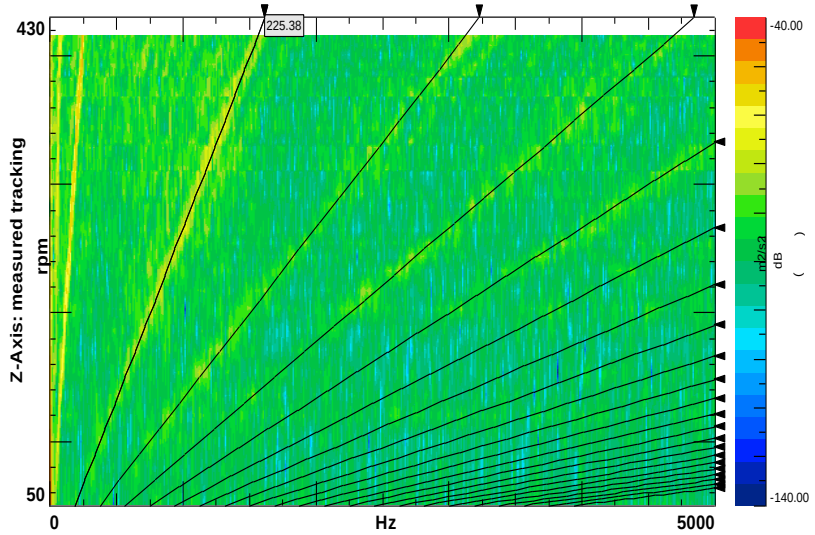
1-й шаг диагностики
Источник или передатчик?



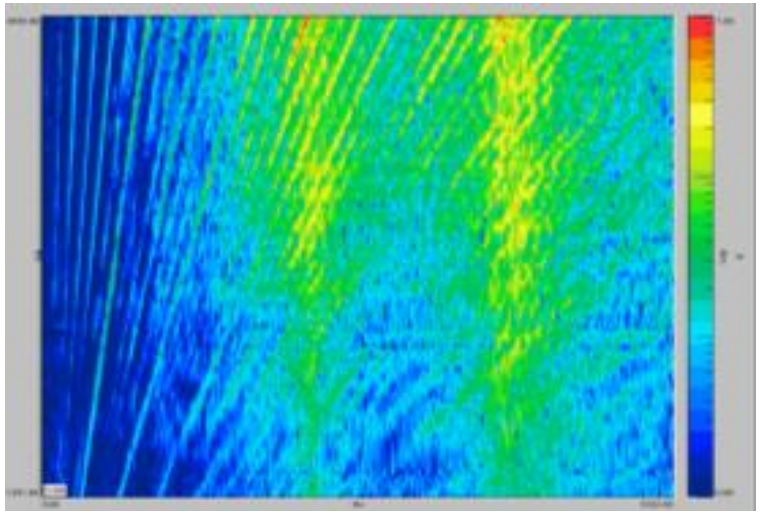


Определение резонансов и спектра вынужденных нагрузок: Гармонический анализ

- Плавное изменение рабочей скорости (регулирование источника) и измерение реакции (шум / вибрация)
- «Гармонический портрет» машины = график показывающий изменение по оборотам амплитуды колебаний в координатах частоты колебаний
  - Наклонные линии = относятся к вращающимся компонентам => гармоники = ИСТОЧНИК
  - Вертикальные линии = относятся к собственной динамике компонентов => резонансы = ПЕРЕДАТЧИК
- также позволяет предсказать и исключить определенные критические режимы работы (скорости)



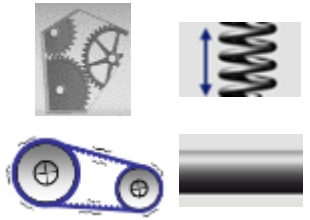
Доминирующие гармоники зубчатых зацеплений => ИСТОЧНИК



Доминирующие собственные частоты => ПЕРЕДАТЧИК (податливость конструкции)

ДИНАМИКС
МОДЕЛИРОВАНИЕ И ИСПЫТАНИЯ

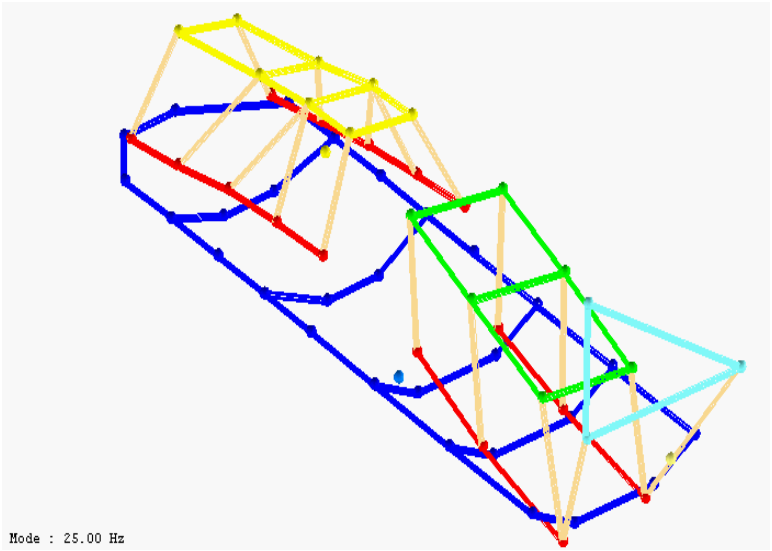
Экспериментальные методы для диагностики и исправления проблем с динамической податливостью конструкции

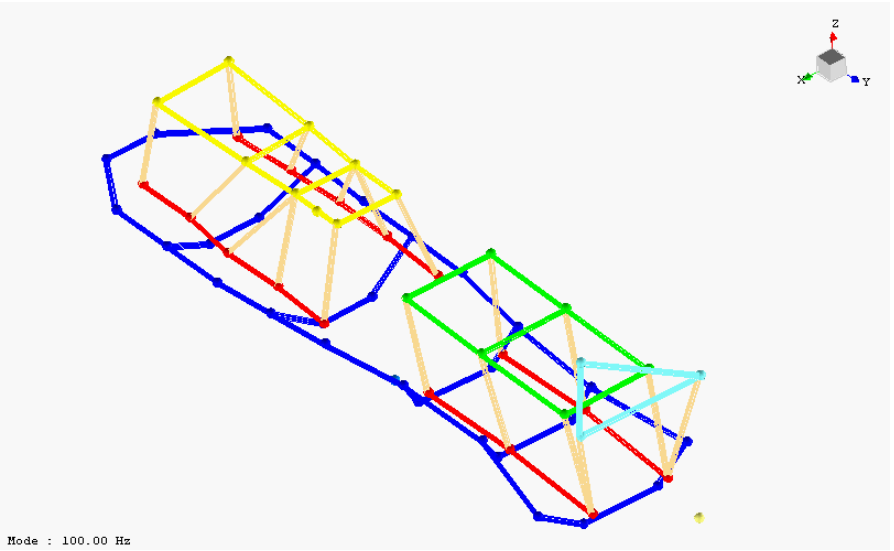


Визуализация форм вынужденных колебаний: Operational Deflection Shapes (ODS)

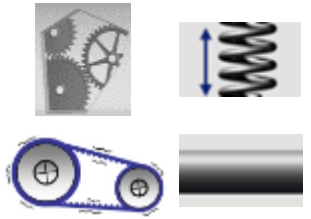
- В рабочих условиях на машине в разных точках установлены акселерометры и измеряются виброускорения
- Анимация форм во временной и частотной области на проволочной модели по точкам установки датчиков
- Визуализация областей относительно больших деформаций

Типовой пример относительных колебаний компонентов на вынужденных нагрузках (ODS) на частотах 25 и 100 Гц





Экспериментальные методы для диагностики и исправления проблем с динамической податливостью конструкции



Определение собственных частот и форм колебаний компонентов: Экспериментальный модальный анализ (EMA)

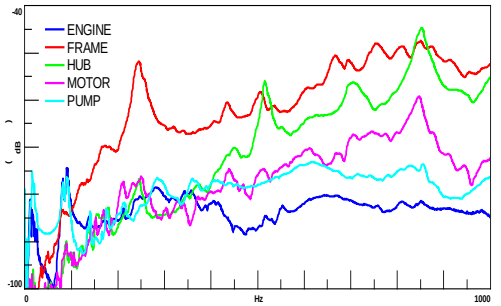
- Машинное оборудование останавливается (НЕ функционирует)
- Искусственное возбуждение колебаний ударным молотком или вибростендом / Измерение виброотклика
- Из измеренных АЧХ вычисляются собственные частоты, демпфирование и формы колебаний
- Формы визуализируются на каркасной геометрии
- Помогает избежать отдельные резонансы на меняющихся условиях работы машины

Измерение АЧХ и модальный анализ промышленного насоса

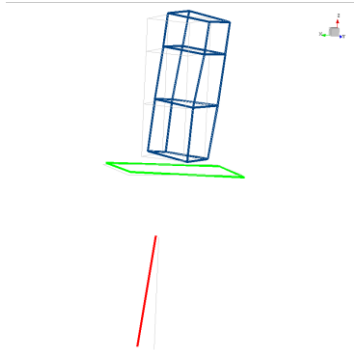
Ударный молоток

Конструкция насоса

АЧХ/АФЧХ



Анимация форм



ДИНАМИКС
МОДЕЛИРОВАНИЕ И ИСПЫТАНИЯ

Пример: Диагностика вибраций центробежного насоса

SIEMENS
Ingenuity for life

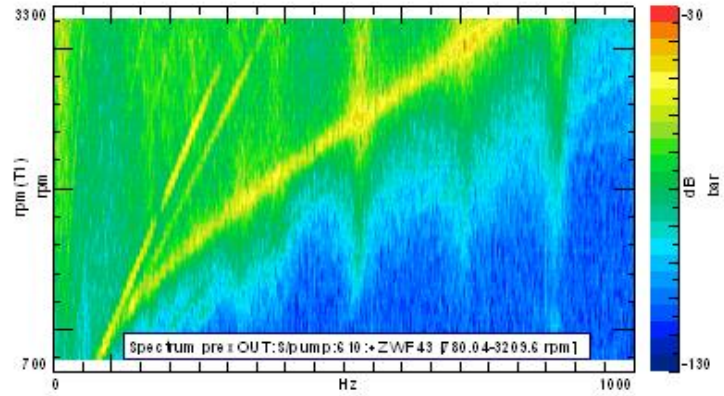
Заказчик: поставщик компонентов компрессоров, турбин, насосов, реакторов, теплообменников, конденсаторов, предохранительных и управляющих вентилей.

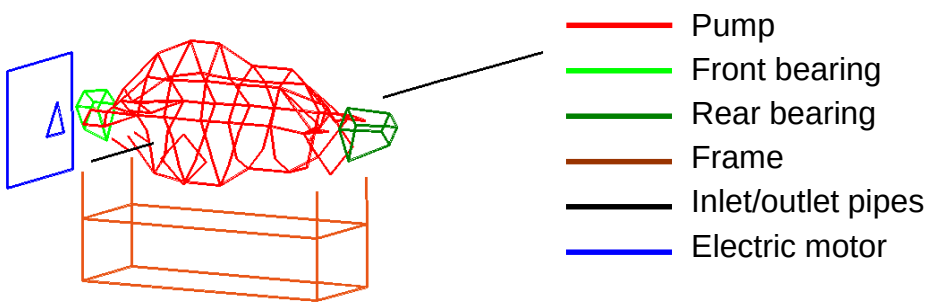
Проблема: неприемлемый уровень вибраций нагнетательного насоса при установке на нефтепроводе

Задача: анализ первопричин вибраций

Решение проблемы

- Экспериментальная диагностика в лаборатории
- Гармонический анализ, модальный анализ, анализ форм вынужденных колебаний



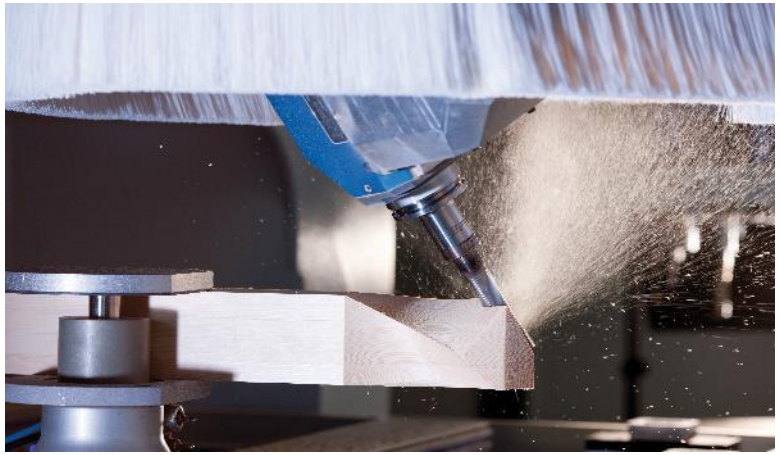


ДИНАМИКС
МОДЕЛИРОВАНИЕ И ИСПЫТАНИЯ

Homag

Повышение точности обработки, отрезки и сборки с помощью Simcenter Testing

SIEMENS
Ingenuity for life



- **Повышение эффективности производства благодаря внедрению системного подхода виброакустической диагностики**
- **Улучшенный контроль качества обработки на различных режимах настройки машин**
- **Сокращение времени и затрат**

Помогая создавать высокоскоростные станки для мебельного производства

Повышение скорости работы без снижения качества

Достижение выдающейся точности обрезки

- Модальные испытания и анализ помогают находить слабые места конструкции
- Simcenter Testlab и Simcenter SCADAS помогают Homag сократить разрыв между расчетами и испытаниями

“Готовясь к изменениям Industry 4.0, двигаясь от массового производства к глубокой кастомизации продукции, мы много работаем над поиском потенциальных ошибок и корректировки их в самом источнике ”

Rolf Hofbauer, Calculation Engineer – Homag AG

ДИНАМИКС
МОДЕЛИРОВАНИЕ И ИСПЫТАНИЯ

Пример: Agfa Graphics

Повышение эффективности диагностики вибраций с SCADAS XS

SIEMENS
Ingenuity for life

- Исключительно быстрая и простая диагностика, проверка в темпе измерений и существенно более эффективное решение проблем вибрации
- Снижение времени и затрат за счет исключения командировок квалифицированного персонала
- Регистрация сигналов от датчиков вибрации, установленных в различных местах печатных машин

“As a global company, we were immediately attracted by the exceptional mobility and smart functionalities of LMS SCADAS XS which fit our vibration control and troubleshooting needs so well.”

Agfa Graphics

ДИНАМИКС
МОДЕЛИРОВАНИЕ И ИСПЫТАНИЯ

GEA Grasso – промышленный холодильный компрессор

SIEMENS
Ingenuity for life

Сложности

- Сохранение низкого уровня вибрации без изменения режимов работы компрессора
- Понимание амортизации компрессора на фундаменте и как энергия колебаний передается на конструкцию здания

Решения

- Применение = анализ виброколебаний и их путей распространения
- Продукт = Базовый виброанализатор Simcenter Testxpress

“Снижение вибраций компрессоров, размещаемых в зданиях новых облегченных конструкций, становится очень важной для нас задачей»”

Выгоды

- Сократили время пуско-наладки компрессоров на 50%
- Повысили эффективность за счет сокращения систем измерений с 3 до 1

ДИНАМИКС
МОДЕЛИРОВАНИЕ И ИСПЫТАНИЯ

Зачем использовать системный подход в виброакустической диагностике

SIEMENS
Ingenuity for life

- **GEA Grasso (промышленные компрессоры):**
  - сократили время пуско-наладки компрессоров на 50%
  - повысили эффективность за счет уменьшения числа измерительных систем, используемых в отделе вибродиагностики, с 3 до 1

- **Сервисная организация (ТОиР прокатного стана на литейном производстве):**
  - сократили время типового сервисного обслуживания в 3 раза

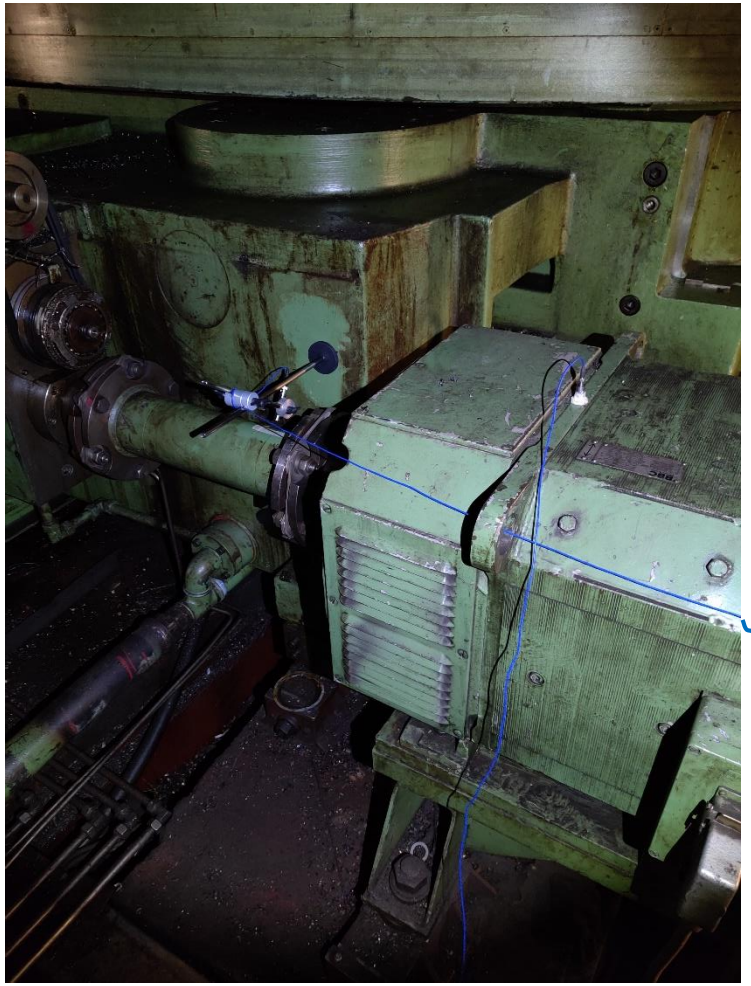
- **Agfa Graphics (производство пресс-форм):**
  - уменьшили время на выполнение типовых работ вибродиагностики с 1 недели до 2 дней
  - сократили командировочные затраты до 0

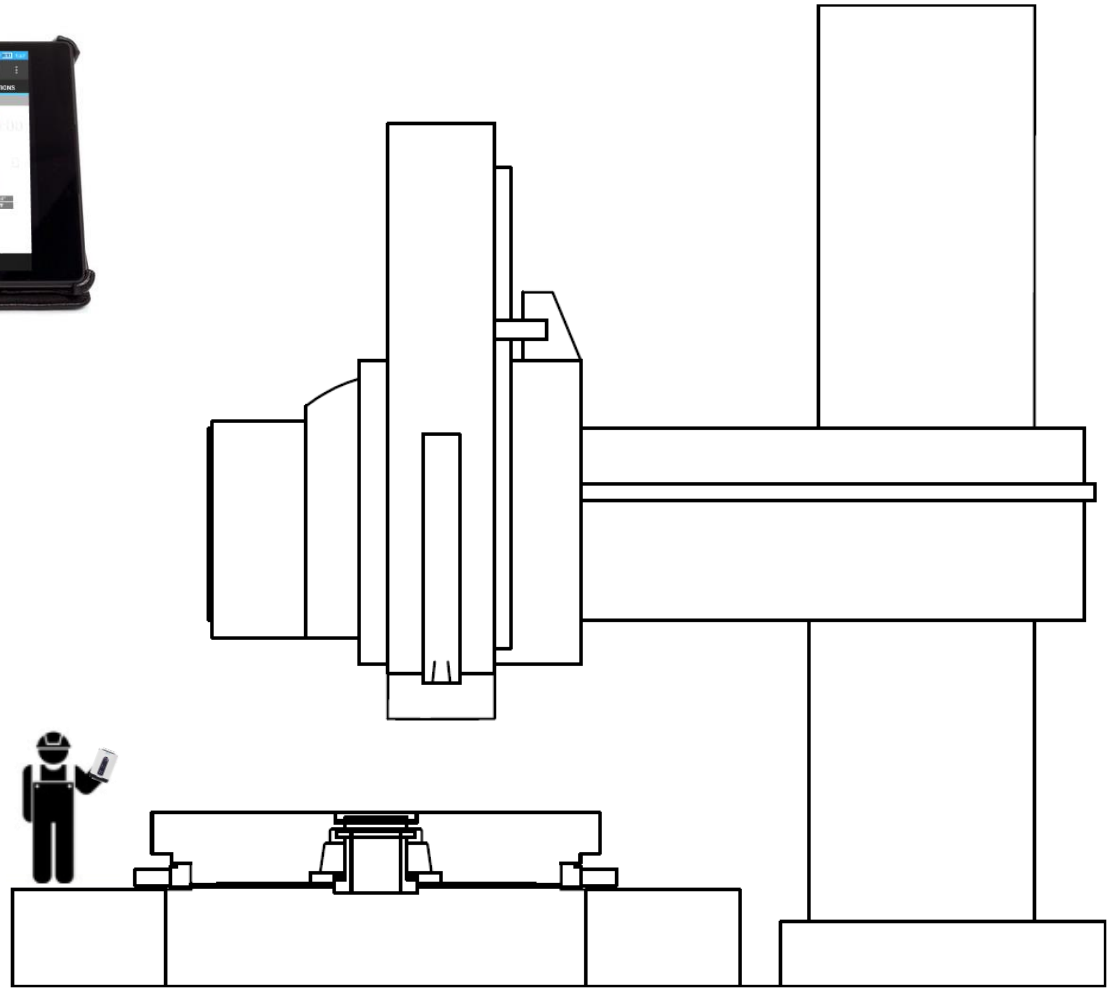
- **Производитель машин для производства бумаги:**
  - увеличил скорость подачи бумаги на 50%, с 2000м/мин до 3000м/мин (180 км/ч!)
- **Производитель станков с ЧПУ:**
  - Повысил качество финишной обработки деталей +70%
  - Сократил время обработки -30%
  - Снизил число прохождений инструмента -50%

ДИНАМИКС
МОДЕЛИРОВАНИЕ И ИСПЫТАНИЯ

Пример применения
«Атоммаш» г. Волгодонск

SIEMENS
Ingenuity for life

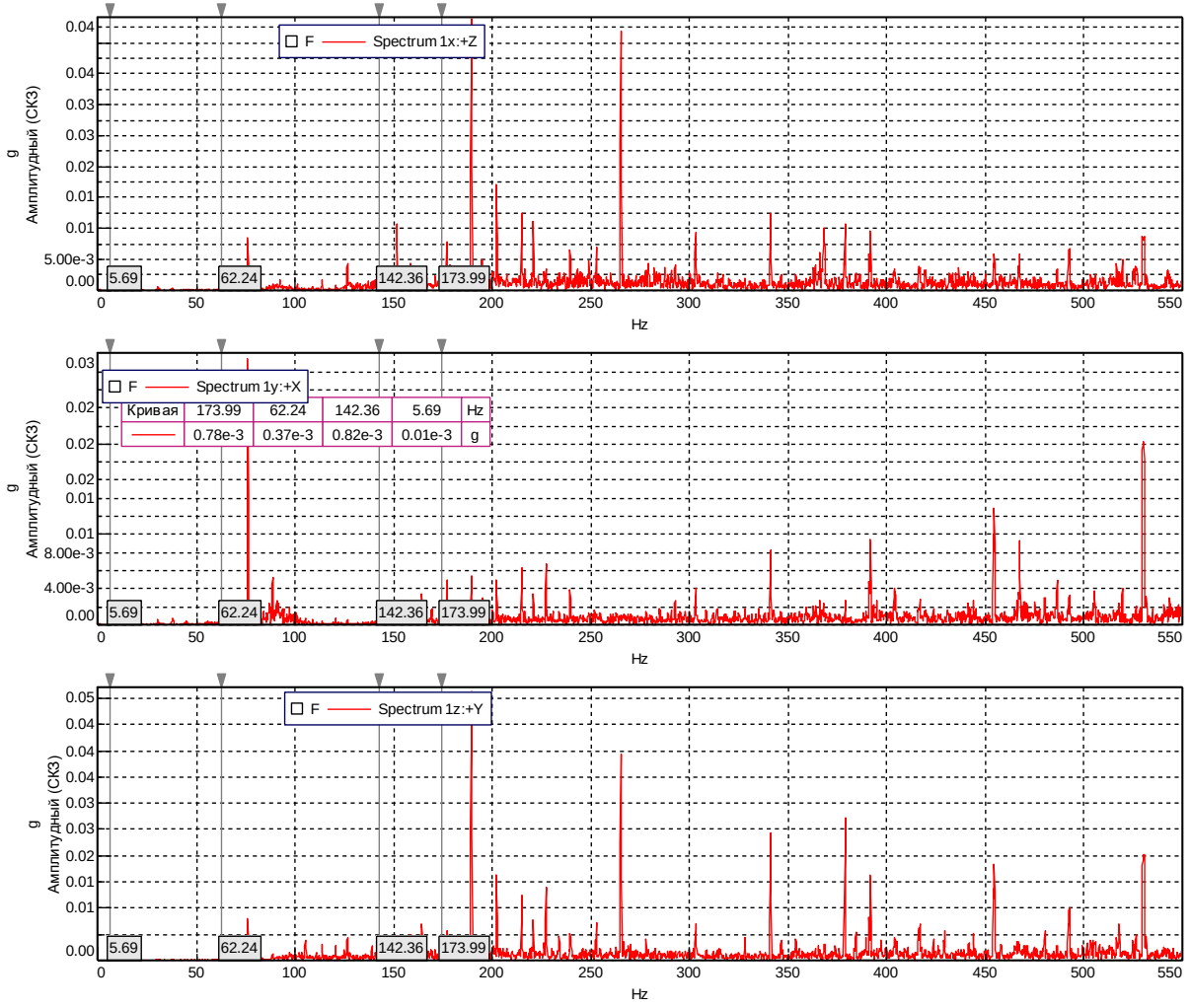


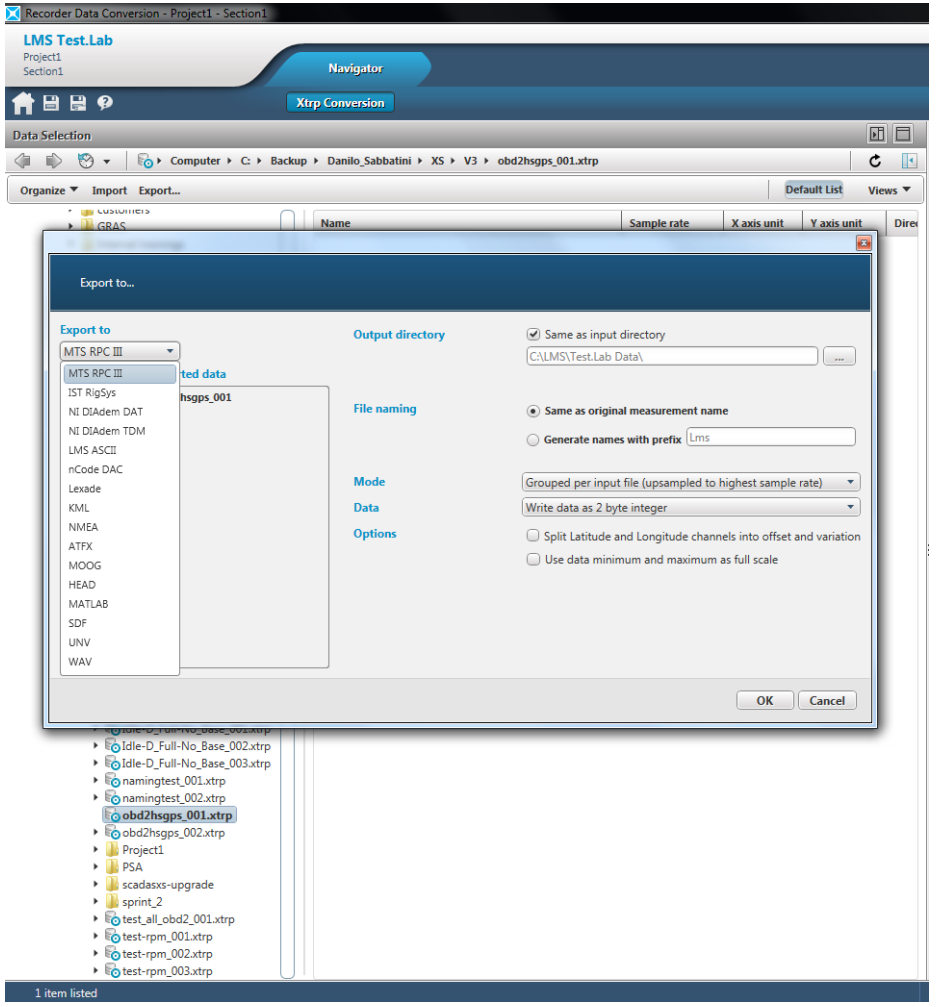


ДИНАМИКС
МОДЕЛИРОВАНИЕ И ИСПЫТАНИЯ

Пример применения
«Атоммаш» г. Волгодонск

SIEMENS
Ingenuity for life

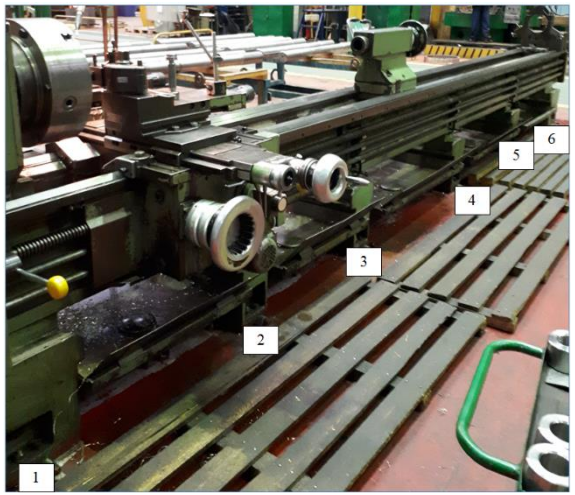


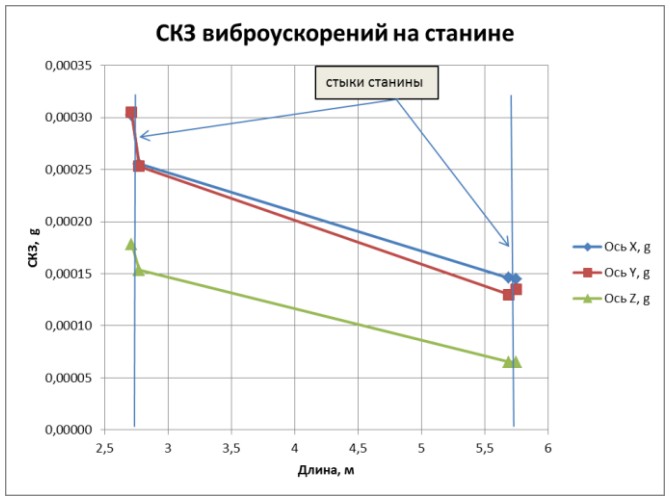


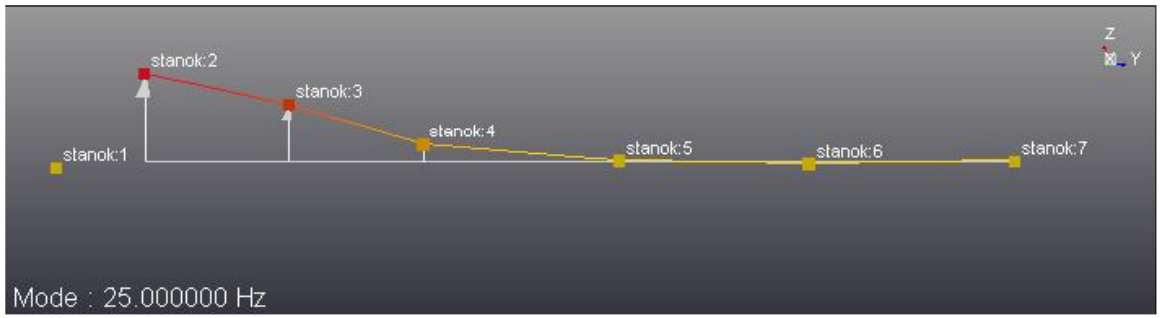
ДИНАМИКС
МОДЕЛИРОВАНИЕ И ИСПЫТАНИЯ

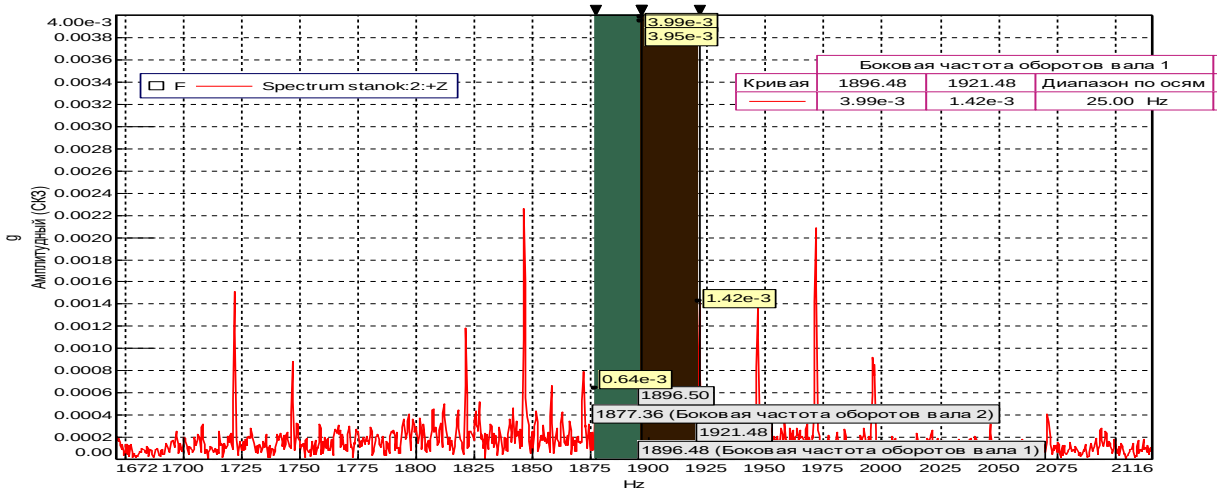
Пример применения «Атоммаш» г. Волгодонск

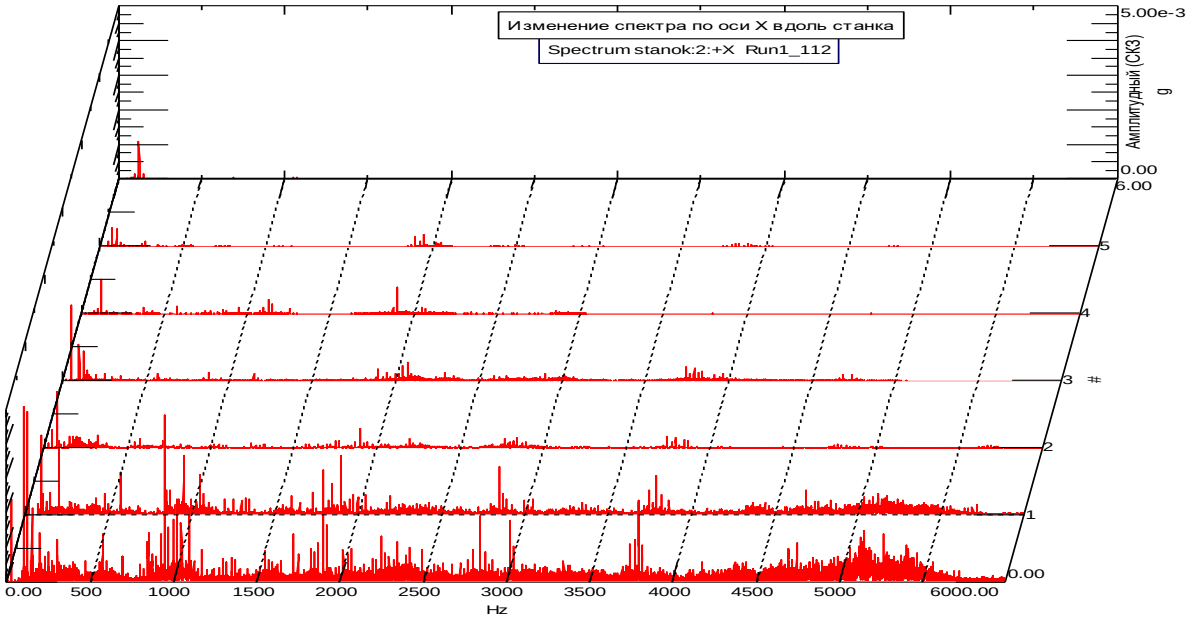
SIEMENS
Ingenuity for life











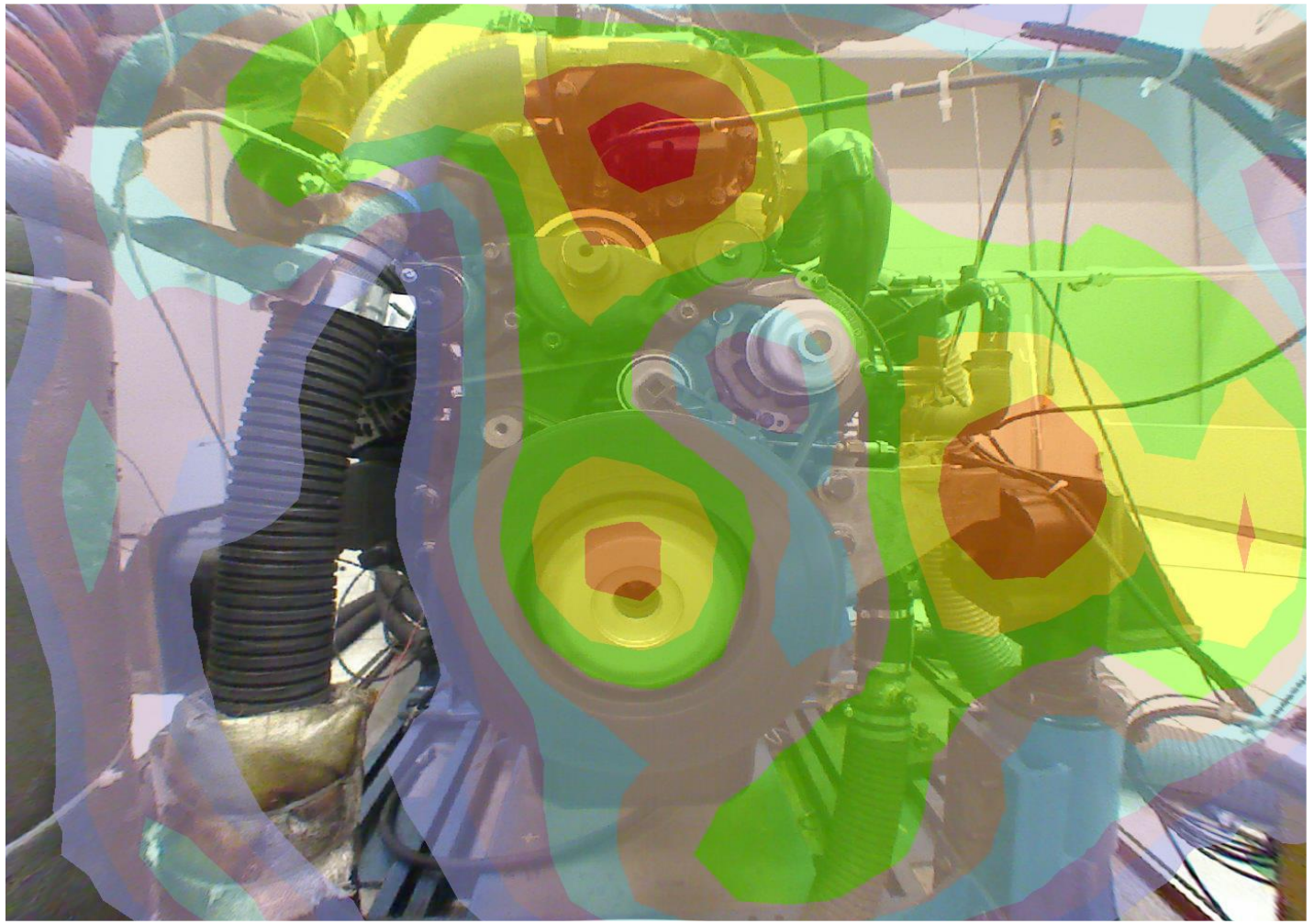
ДИНАМИКС
МОДЕЛИРОВАНИЕ И ИСПЫТАНИЯ

Акустическая диагностика
Откуда исходит шум?

‘Ммм…Вроде как это от двигателя…’

ДИНАМИКС
МОДЕЛИРОВАНИЕ И ИСПЫТАНИЯ

А если локализовать источники..?

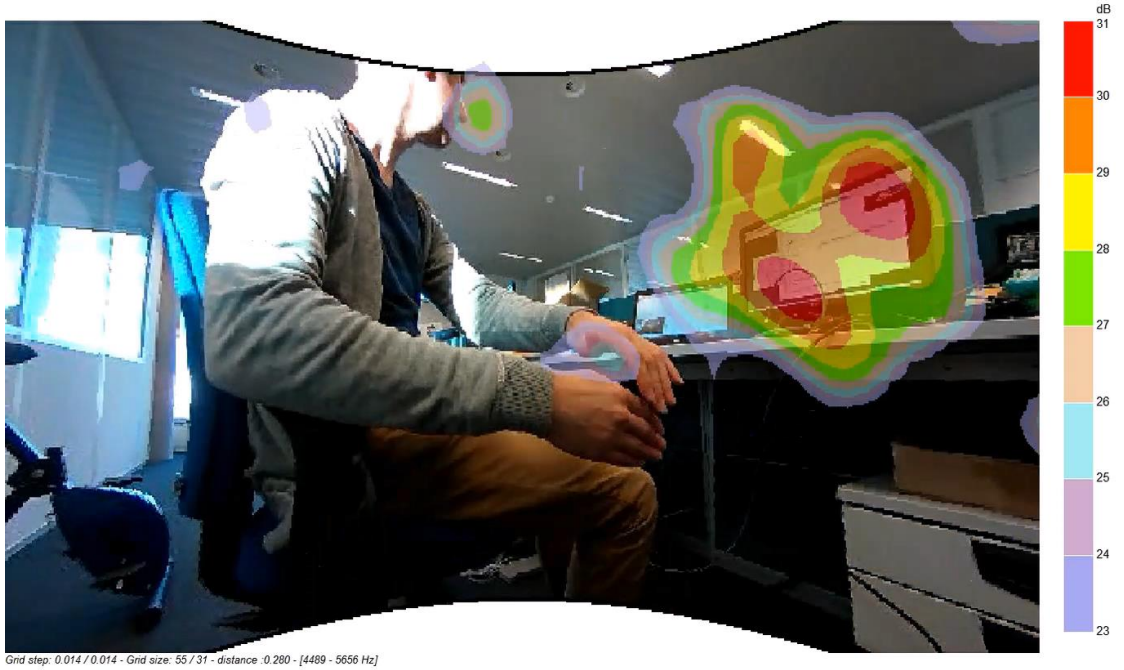


- ✓ Обнаружить и разделить источники
- ✓ Удостовериться, что мы работаем над правильной проблемой

ДИНАМИКС
МОДЕЛИРОВАНИЕ И ИСПЫТАНИЯ

Simcenter Sound Camera
От установки до результата меньше 2 мин

SIEMENS
Ingenuity for life



ДИНАМИКС
МОДЕЛИРОВАНИЕ И ИСПЫТАНИЯ

Модульная конструкция камеры

Для локализации в ближнем и дальнем поле

Центральная часть

Вблизи (<0.5 м)

Короткие кронштейны

Вблизи и на удалении (<1 м)

Длинные кронштейны

Вблизи и на удалении (~0.3 м до >2 м)

Использование одной модульной конструкции камеры для локализации вблизи и на удалении

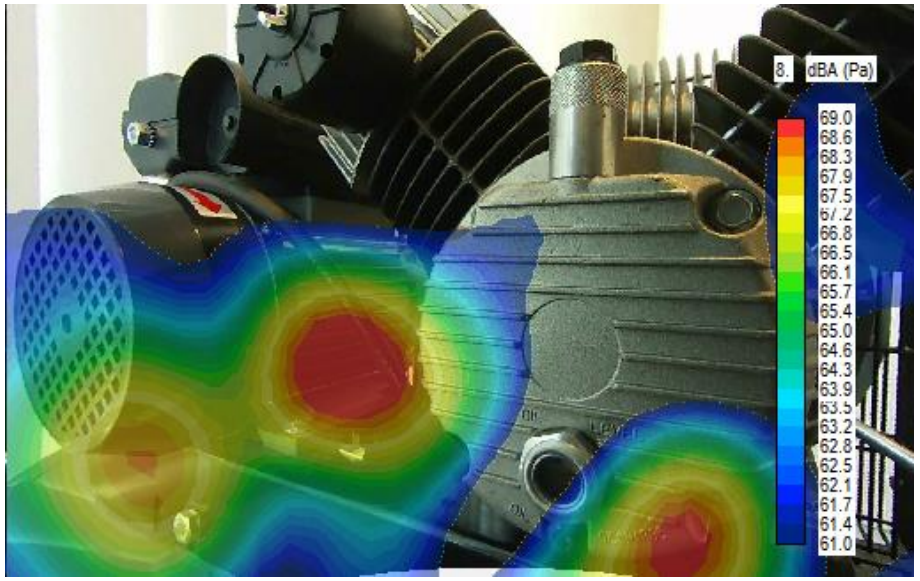
ДИНАМИКС
МОДЕЛИРОВАНИЕ И ИСПЫТАНИЯ

Локализация в ближнем и дальнем поле

Дальнее поле

- Предварительный обзор источников
- **Метод «бимформинг»** для анализа в дальнем поле

Ближнее поле



- Зуминг на отдельных источниках
- Виден весь объект за счет **широкоугольной линзы**
- **Метод «локализации»** оптимален для ближнего поля

✓ Расстояние до объекта определяется автоматически

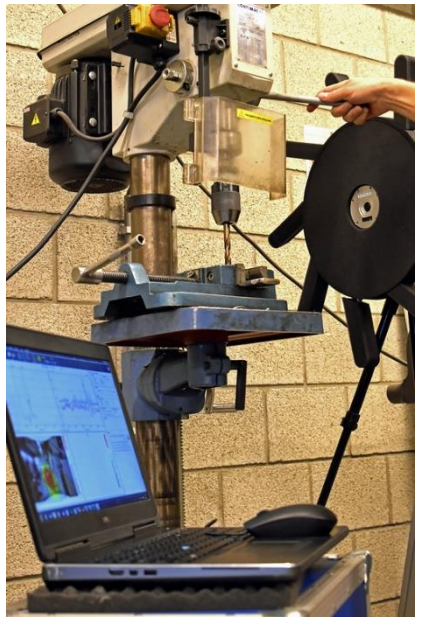
✓ Оптимальные результаты для любого расстояния за счет разных методов локализации

ДИНАМИКС
МОДЕЛИРОВАНИЕ И ИСПЫТАНИЯ

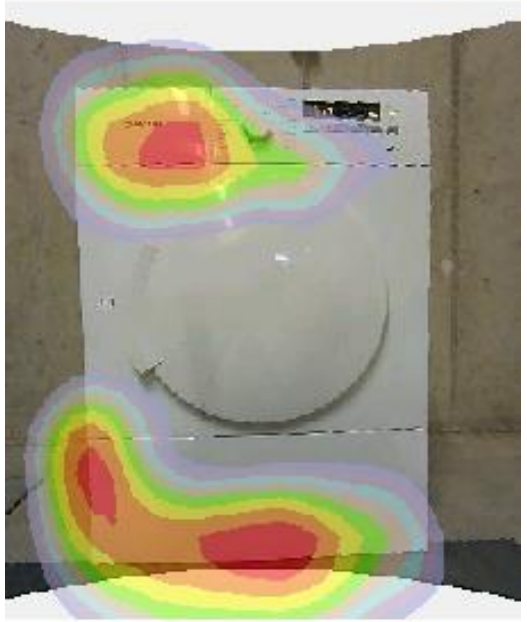
Локализация стационарных и нестационарных источников

Стационарное событие
Постоянно по времени

Например, сверление



Например, работа сушильной машины



Для SSL: **нужно усреднение**

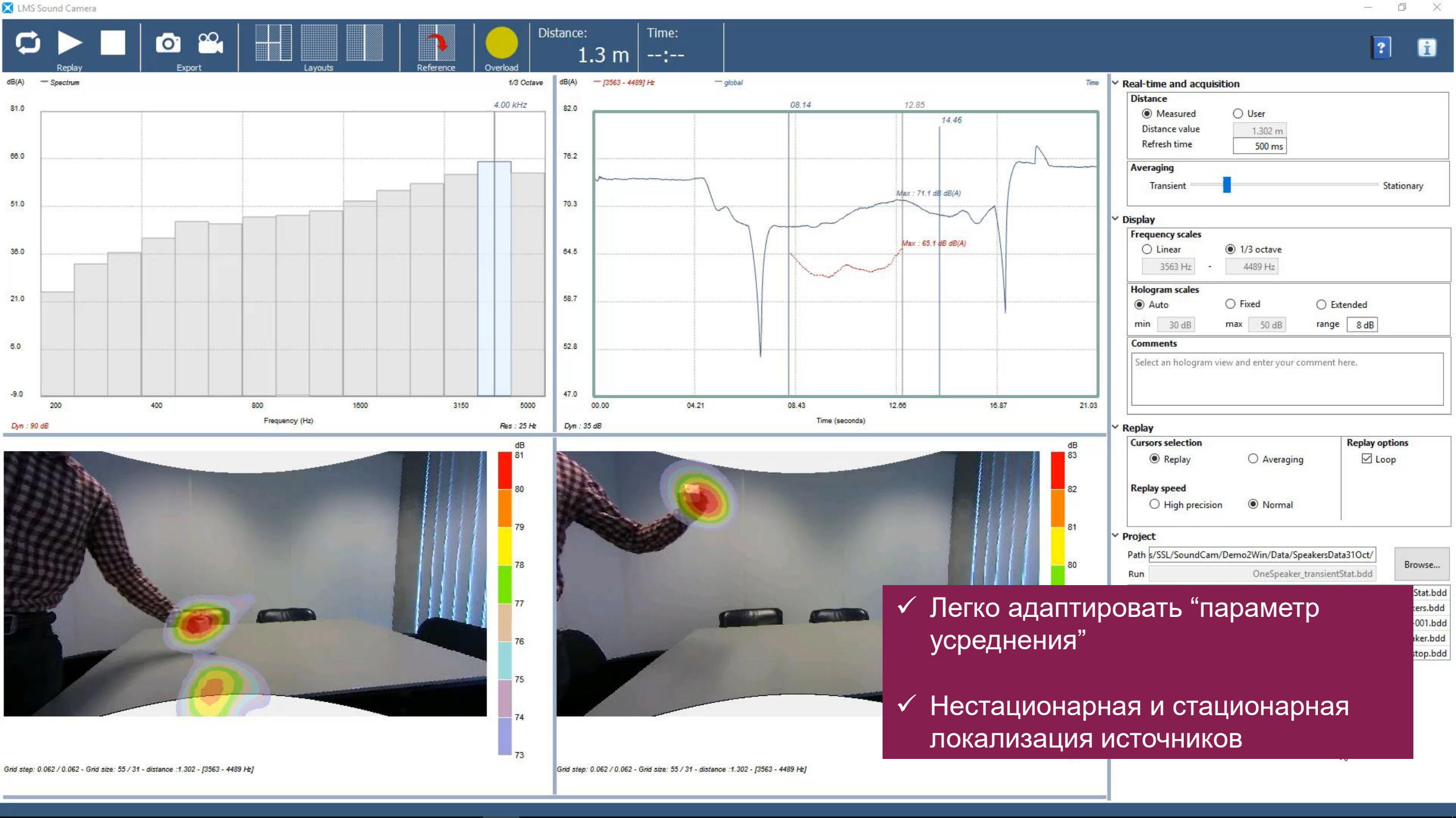
Быстротекущее событие
Происходит быстро по времени

Например, захлопывание двери

Клик нажимаемой кнопки

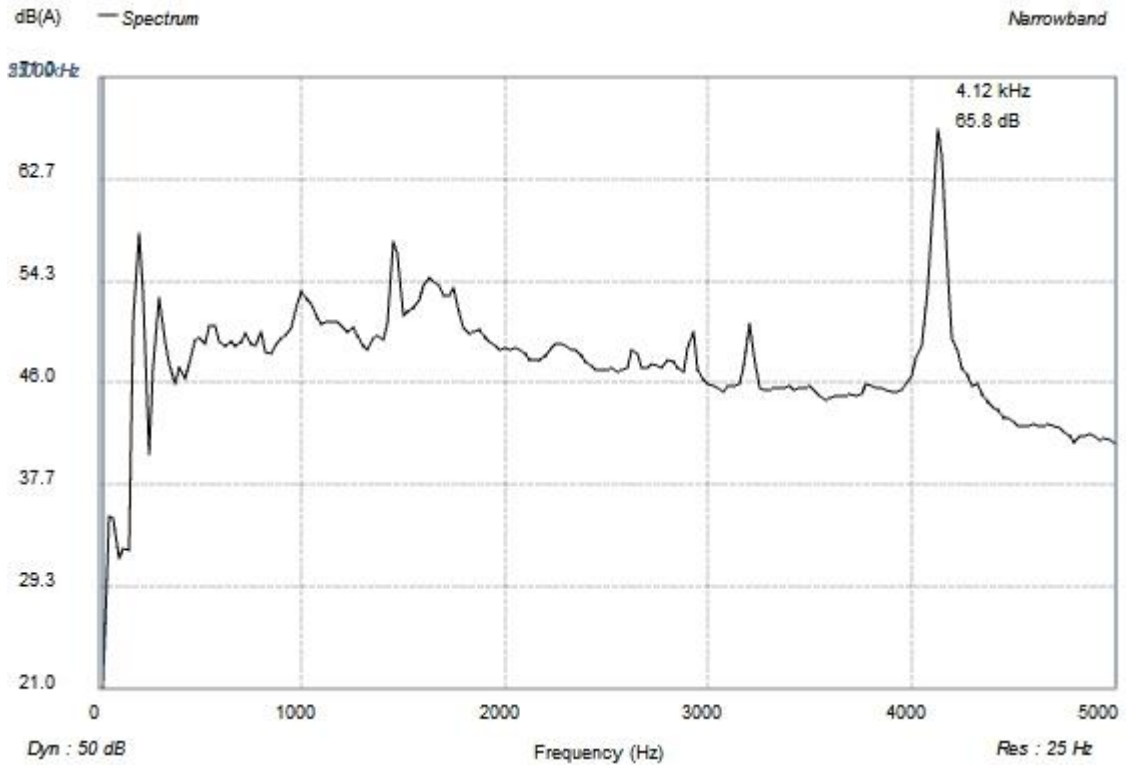
Для SSL: **без усреднения**

ДИНАМИКС
МОДЕЛИРОВАНИЕ И ИСПЫТАНИЯ


LMS Sound Camera
Replay
Export
Layouts
Reference
Overload
Distance:
1.3 m
Time:
--:--
dB(A)
Spectrum
1/3 Octave
4.00 kHz
81.0
66.0
51.0
36.0
21.0
6.0
-9.0
200
400
800
1600
3150
5000
Frequency (Hz)
Dyn : 90 dB
Res : 25 Hz
dB(A)
[3563 - 4489] Hz
global
Time
08.14
12.85
14.46
Max : 71.1 dB dB(A)
Max : 65.1 dB dB(A)
82.0
76.2
70.3
64.5
58.7
52.8
47.0
00.00
04.21
08.43
12.66
16.87
21.03
Time (seconds)
Dyn : 35 dB
dB
81
80
79
78
77
76
75
74
73
Grid step: 0.062 / 0.062 - Grid size: 55 / 31 - distance :1.302 - [3563 - 4489 Hz]
dB
83
82
81
80
Grid step: 0.062 / 0.062 - Grid size: 55 / 31 - distance :1.302 - [3563 - 4489 Hz]
Real-time and acquisition
Distance
Measured
User
Distance value
1.302 m
Refresh time
500 ms
Averaging
Transient
Stationary
Display
Frequency scales
Linear
1/3 octave
3563 Hz
4489 Hz
Hologram scales
Auto
Fixed
Extended
min
30 dB
max
50 dB
range
8 dB
Comments
Select an hologram view and enter your comment here.
Replay
Cursors selection
Replay
Averaging
Replay options
Loop
Replay speed
High precision
Normal
Project
Path
s/SSL/SoundCam/Demo2Win/Data/SpeakersData31Oct/
Run
OneSpeaker_transientStat.bdd
Browse...
Stat.bdd
kers.bdd
001.bdd
aker.bdd
top.bdd
✓ Легко адаптировать “параметр усреднения”
✓ Нестационарная и стационарная локализация источников

Локализация частотно-зависимых источников

SIEMENS
Ingenuity for life



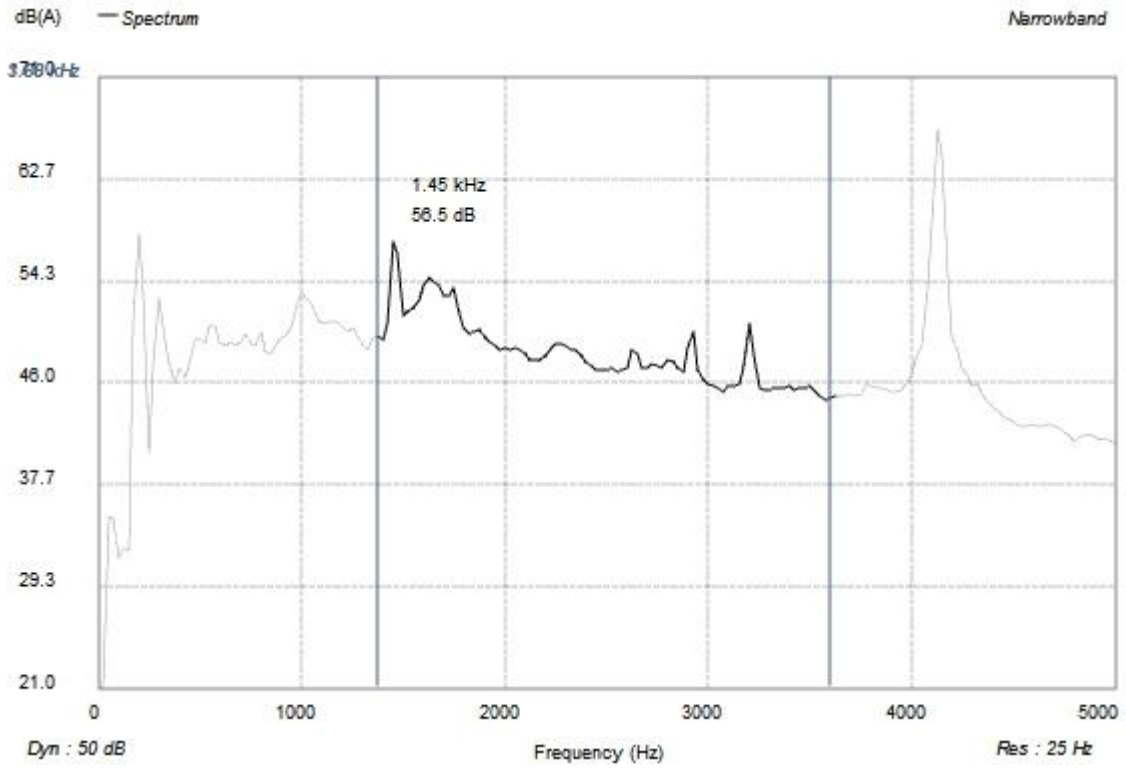
Широкополосный и тональный шум

Какой из компонентов шумит?

ДИНАМИКС
МОДЕЛИРОВАНИЕ И ИСПЫТАНИЯ

Частотно-зависимые источники

SIEMENS
Ingenuity for life



Выделяем диапазон частот

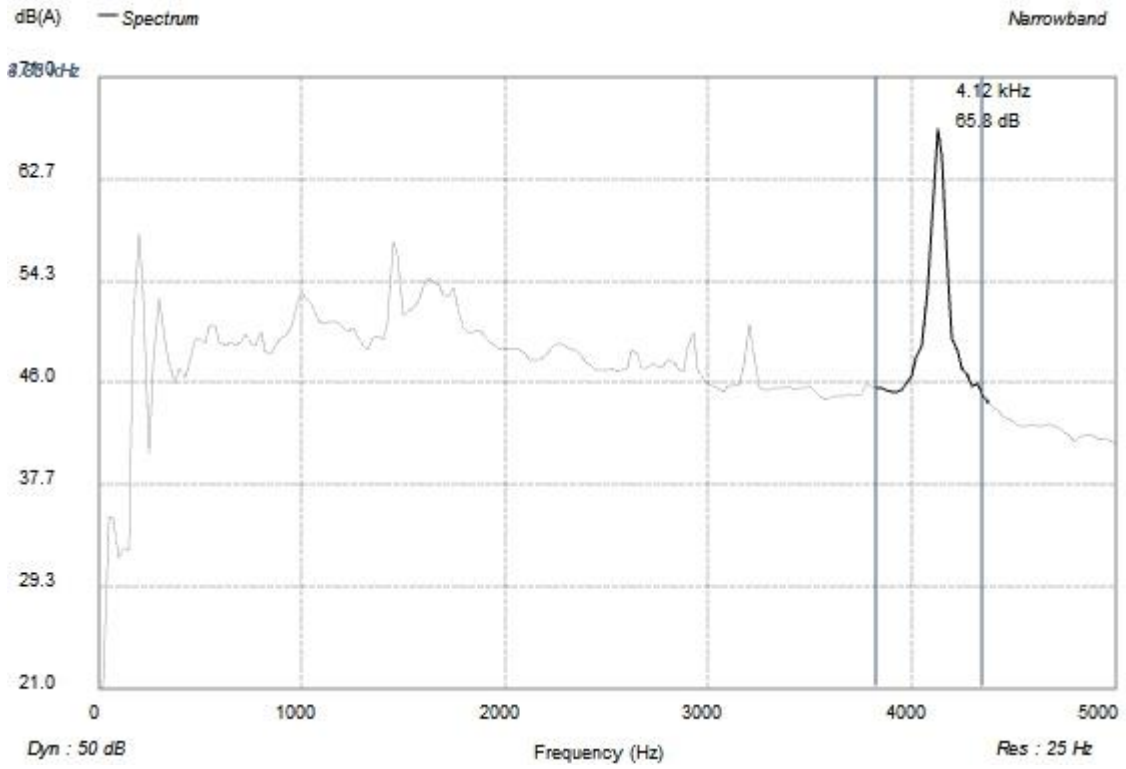
Электромотор является источником шума

Grid step: 0.018 / 0.018 - Grid size: 55 / 31 - distance :0.380 - [1375 - 3600 Hz]

ДИНАМИКС
МОДЕЛИРОВАНИЕ И ИСПЫТАНИЯ

Частотно-зависимые источники

SIEMENS
Ingenuity for life



Выделяем тональный компонент в полосе спектра

Контроллер вносит больший шум

Grid step: 0.018 / 0.018 - Grid size: 55 / 31 - distance :0.380 - [3825 - 4350 Hz]

ДИНАМИКС
МОДЕЛИРОВАНИЕ И ИСПЫТАНИЯ

Выгоды и преимущества

SIEMENS
Ingenuity for life

Быстрая настройка	**До 2 мин от начала настройки до первых результатов**
Простая диагностика	**Результаты в реальном времени** **Не нужно быть экспертом** **Наглядная интерпретация**
Высокая производительность	**Локализация стационарных и быстротекущих событий/источников** **Высокие динамический диапазон и пространственное разрешение** **Локализация источников в разных диапазонах частот**
Простая отчетность	**Эффективный обмен данными измерений** **Возможности для дополнительной обработки и сравнения**

ДИНАМИКС
МОДЕЛИРОВАНИЕ И ИСПЫТАНИЯ

Производитель оборудования

Идентификация и ранжирование источников для различных конфигураций машинного оборудования

SIEMENS
Ingenuity for life

Simcenter Sound Camera – быстрый и простой в использовании инструмент для идентификации и ранжирования источников, позволяющий сэкономить компаниям время и деньги.

Сложности

- Идентификация и ранжирование вклада источников для различных конфигураций промышленных насосов
- Система должна быть очень простой в использовании и разворачиваться на месте испытаний за несколько минут
- Вычисление акустической мощности звука – одно из требований

Решения

- Применение = В лаборатории и в эксплуатации
- Решение = Simcenter Sound Camera и метод идентификации с высоким разрешением в ближнем поле (iNAH)

Выгоды

- Продемонстрировали возможности для заказчика для выхода на новые рынки, где высокие требования к шумности насосов
- Научили ранжировать источники, сократив время за счет работы над истинными причинами повышенного шума
- Быстрое обнаружение проблем при пуско-наладке

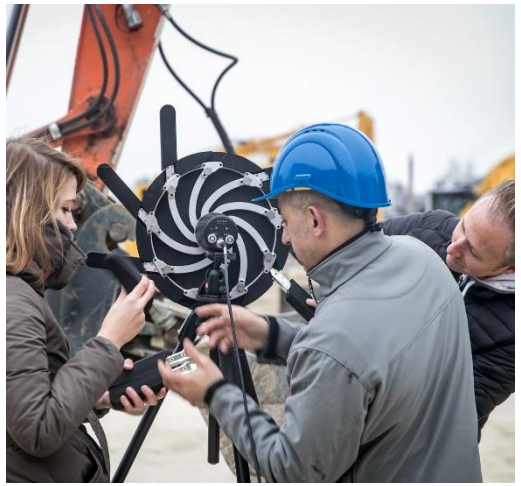
ДИНАМИКС
МОДЕЛИРОВАНИЕ И ИСПЫТАНИЯ

Simcenter Sound Camera для акустической диагностики
Резюме

SIEMENS
Ingenuity for life

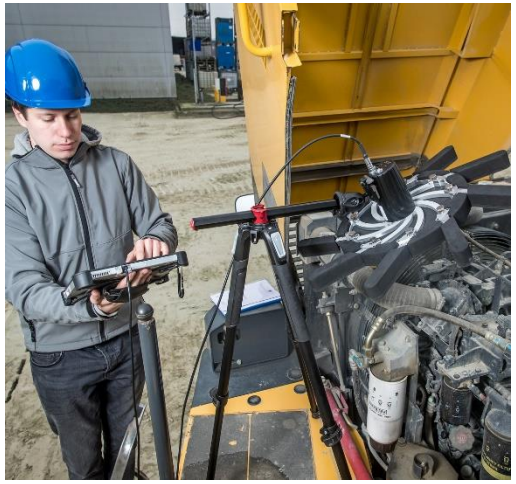
ПОНИМАНИЕ

– подтверждение того, что мы работаем над истинной проблемой



ФУНКЦИОНАЛЬНОСТЬ

– применяется для анализа любых источников шума



ПРОСТОТА И УДОБСТВО

– любой может использовать, так часто, как это необходимо

МОБИЛЬНОСТЬ

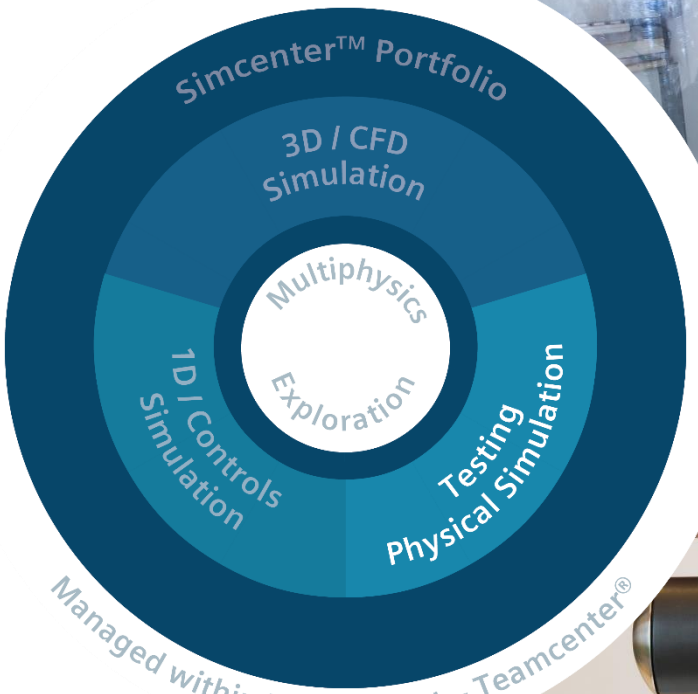
– измерение в цехе/карьере в процессе работы машин и оборудования

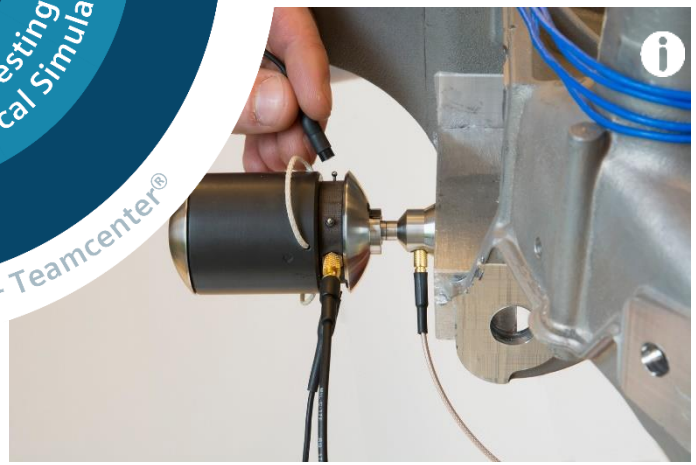
ДИНАМИКС
МОДЕЛИРОВАНИЕ И ИСПЫТАНИЯ

Simcenter™ Testing - решение для экспериментального моделирования и виброакустической диагностики

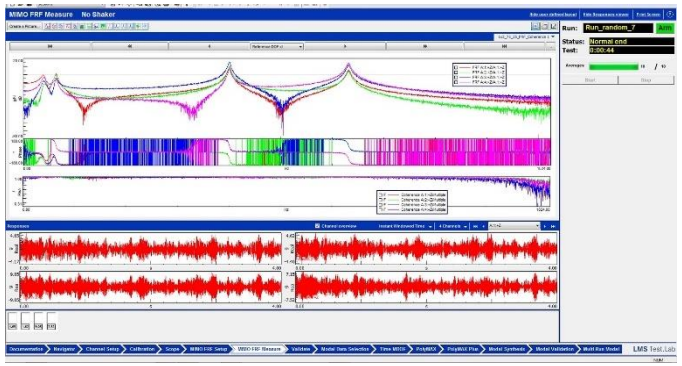
Testlab и SCADAS

SIEMENS
Ingenuity for life





Testlab
Testxpress



SCADAS

ДИНАМИКС
МОДЕЛИРОВАНИЕ И ИСПЫТАНИЯ