

# Основы вибродиагностики и средства измерения вибрации



**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ**

**Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования**

**«КАЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**



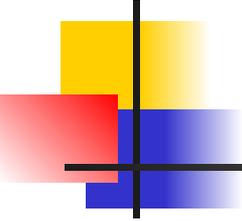


# План занятия

---

1. Основные понятия и определения
2. Теоретические основы вибродиагностики
3. Современное состояние рынка приборов вибродиагностики
4. Анализ современных методов вибродиагностики
5. Применение виброакустических методов в электроэнергетике

# Основные понятия и определения



**Виброакустический неразрушающий контроль** – вид неразрушающего контроля, основанный на регистрации параметров виброакустического сигнала, возникающего при работе контролируемого объекта.

**Виброакустическим сигналом** – называют физические величины, характеризующие механические колебания (вибрационные, акустические, гидроакустические), сопровождающие функционирование объекта.

**Виброакустический метод** – метод неразрушающего контроля, основанный на регистрации и анализе параметров виброакустических колебаний, возникающих при работе контролируемого объекта.

**Вибрационная диагностика** – метод диагностирования технических систем и оборудования, основанный на анализе параметров вибрации, либо создаваемой работающим оборудованием, либо являющейся вторичной вибрацией, обусловленной структурой исследуемого объекта.

**Вибрационный неразрушающий контроль** – это неразрушающий контроль, основанный на измерении упругих колебаний, возбуждаемых или возникающих в объекте контроля.

**Акустические колебания** – это колебания объекта, возбуждаемые соударением деталей.

# Теоретические основы вибродиагностики

**Вибрация (колебания)** - это движение точки или механической системы, при котором происходит поочередное возрастание и убывание по времени, по крайней мере, одной координаты. Другими словами, вибрация - это механические колебания точки или механической системы.

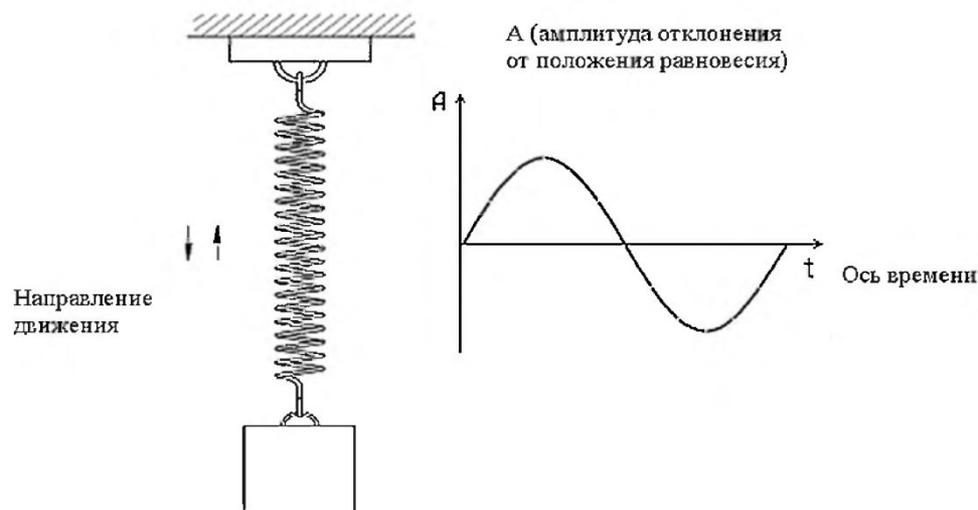


Рис. 1.1. Пример простейшего колебания

# Теоретические основы вибродиагностики

**Ви́бродиагностика** используется очень давно при проверке стеклянной посуды, ударных музыкальных инструментов, бандажей железнодорожных колес, рельс и других объектов по «чистоте звука», вызываемого механическим ударом. Быстро затухающий нечистый звук или появление в спектре колебаний дополнительных частот, например, дребезжания, - признак наличия дефекта. Этот метод субъективен и зависит от остроты слуха человека.

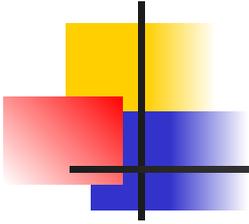


# Теоретические основы вибродиагностики

Среди множества существующих методов контроля технического состояния наиболее точным, объективным, чувствительным к дефектам, позволяющим применять компьютерные технологии, является вибрационный метод. Сигнал вибрации содержит достаточную диагностическую информацию для того, чтобы с помощью современных информационных технологий обнаружить дефектную деталь или узел энергетических установок, определить вид и глубину дефекта и дать прогноз его развития.



# Теоретические основы вибродиагностики



Из всего многообразия существующих методов вибрационной диагностики наибольшее распространение в практике контроля технического состояния деталей сложной формы получили:

- ультразвуковой;
- вибрационно-диагностический;
- теневой;
- импедансный;
- акустической эмиссии;
- аэроакустический;
- велосиметрический;
- свободных колебаний;
- вынужденных колебаний.

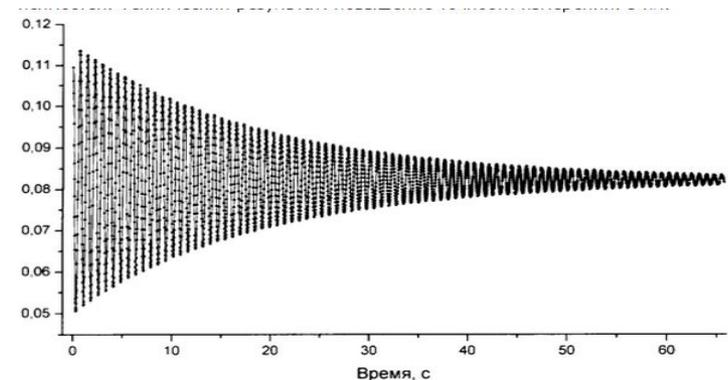
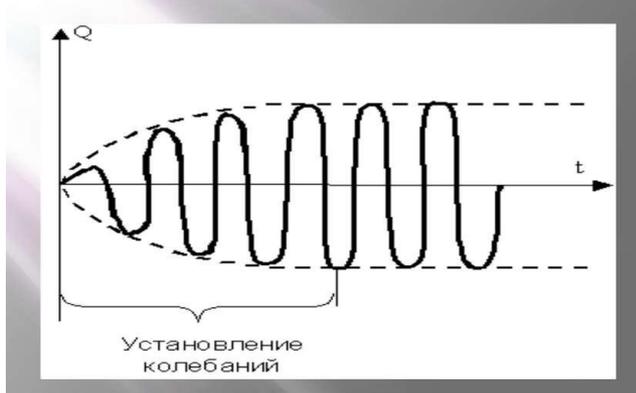
# Теоретические основы вибродиагностики

Низкочастотные методы  
контроля технического  
состояния изделий

метод вынужденных  
колебаний

метод свободных  
колебаний

График вынужденных колебаний

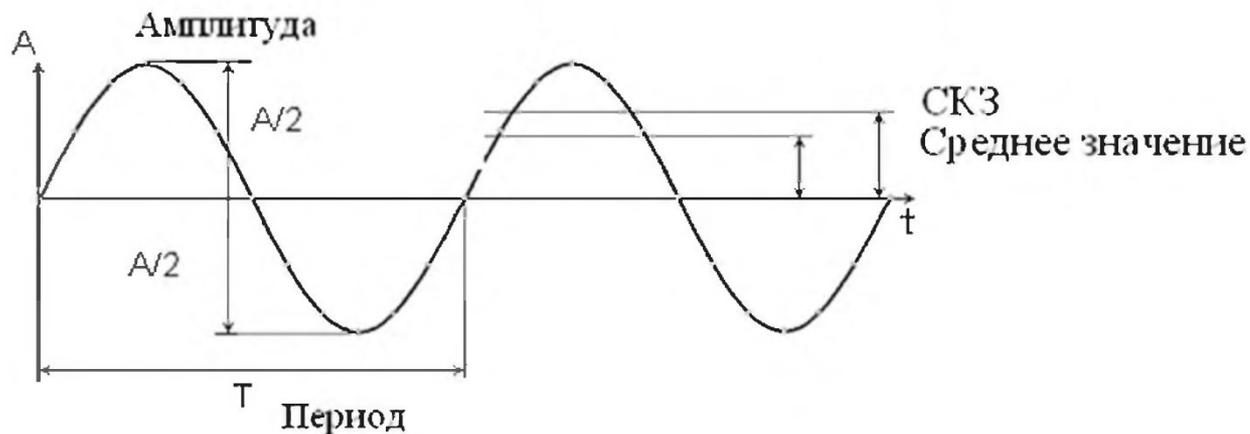


# Теоретические основы вибродиагностики

Для описания и измерения механических вибраций используются следующие понятия.

**Максимальная амплитуда (пик)** - это максимальное отклонение от нулевой точки, или от положения равновесия.

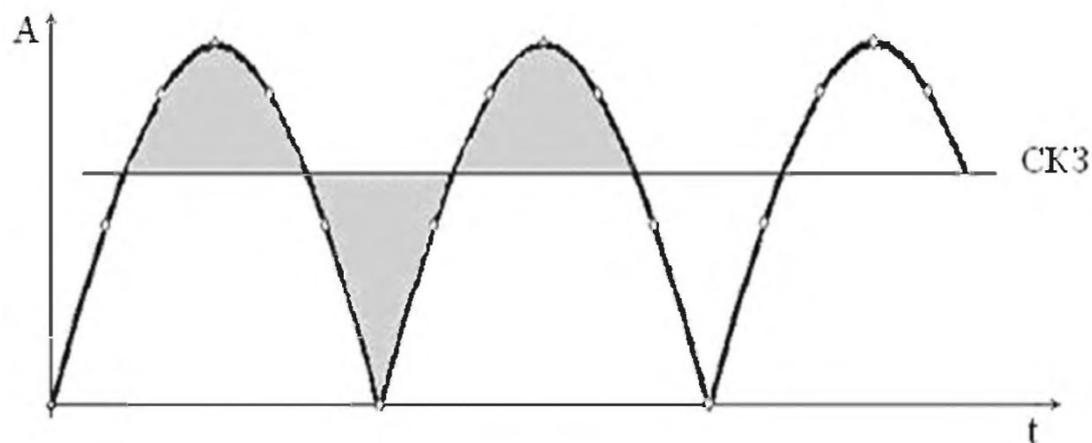
**Размах (пик-пик)** - это разница между положительным и отрицательным пиками. Для синусоидального колебания размах в точности равен удвоенной пиковой амплитуде, так как временная реализация в этом случае симметрична, но в общем случае это неверно.



# Теоретические основы вибродиагностики

**Среднеквадратическое значение амплитуды (СКЗ)** равно квадратному корню из среднего квадрата амплитуды колебания. Для синусоидальной волны СКЗ в 1,41 раза меньше пикового значения.

СКЗ является важной характеристикой амплитуды вибрации. Для ее расчета необходимо возвести в квадрат мгновенные значения амплитуды колебаний и усреднить получившиеся величины по времени.



$$X_{эфф} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T x^2(t) dt}$$

# Теоретические основы вибродиагностики

Фаза есть мера относительного сдвига во времени двух синусоидальных колебаний. Хотя по своей природе фаза является временной разностью, ее почти всегда измеряют в угловых единицах (градусах или радианах), которые представляют собой доли цикла колебания и, следовательно, не зависят от точного значения его периода.

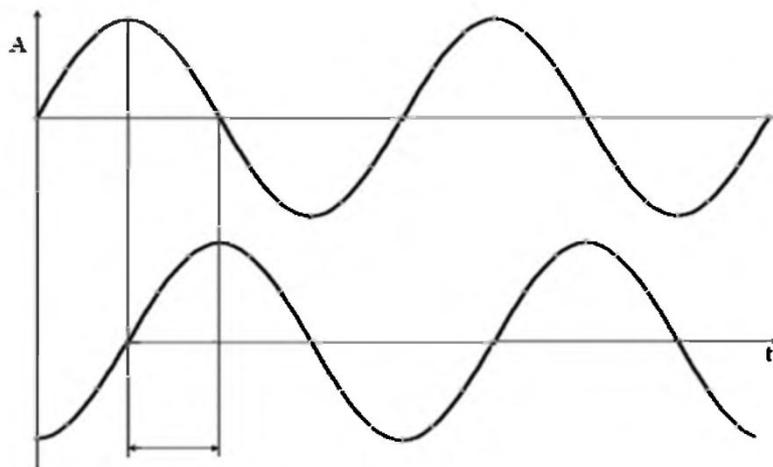


Рис. 1.4. Понятие фазы: задержка  $\frac{1}{4}$  периода равна сдвигу по фазе на 90 градусов



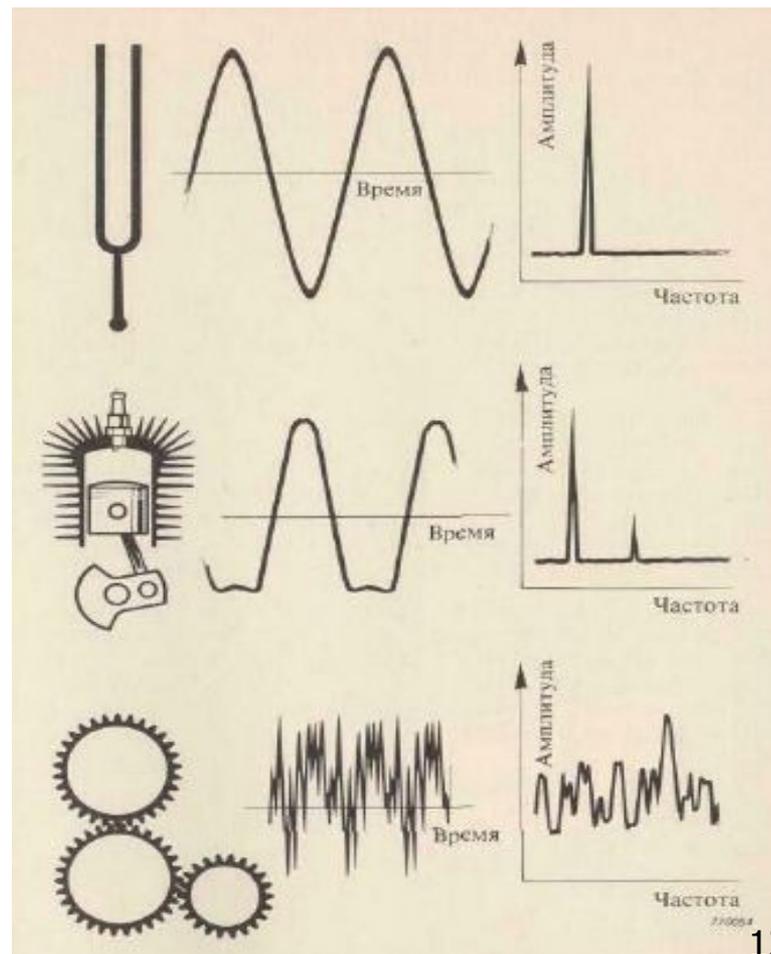
# Диагностические параметры

---

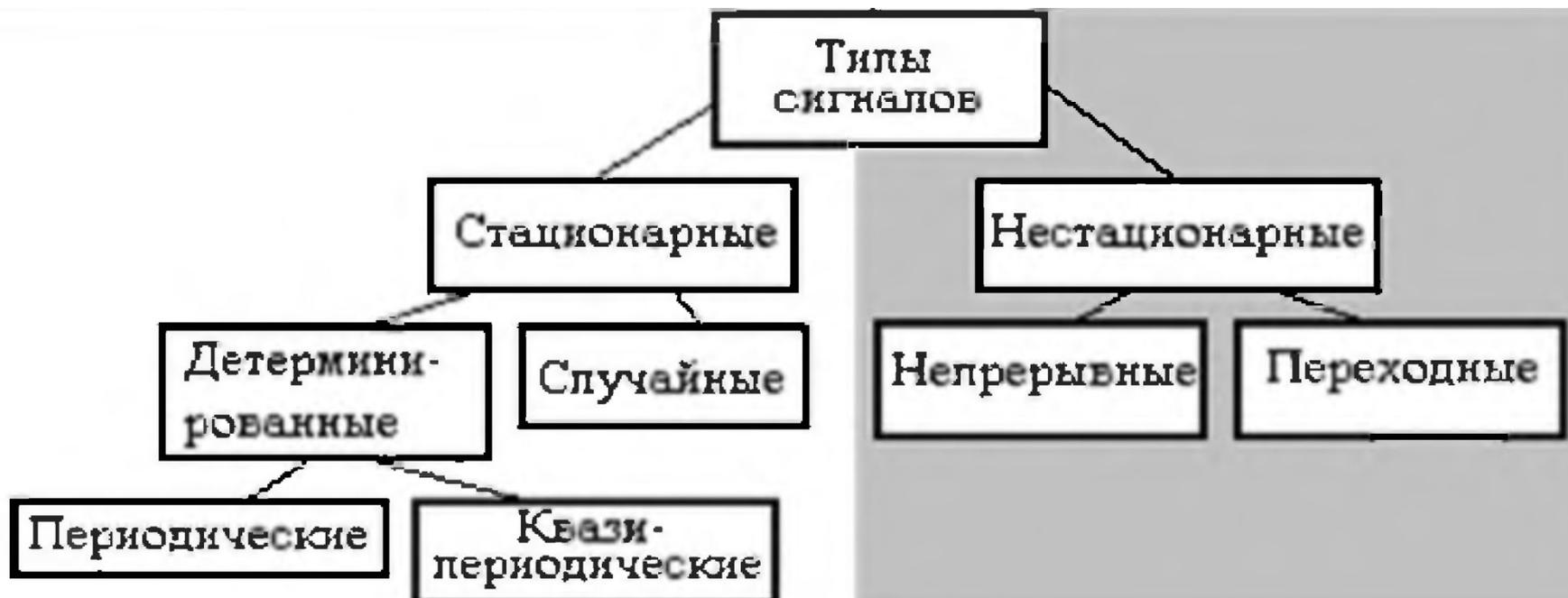
- При вибрационной диагностике анализируются виброскорость При вибрационной диагностике анализируются виброскорость, виброперемещение, виброускорение.
- ПИК — максимальное значение сигнала на рассматриваемом интервале времени;
- СКЗ СКЗ — среднее квадратическое значение (действующее значение) сигнала для рассматриваемой полосы частот;
- ПИК-фактор — отношение параметра ПИК к СКЗ;
- ПИК-ПИК ПИК-ПИК — (Размах) разница между максимальным и минимальным значением сигнала на рассматриваемом интервале времени;
- **SPM** - метод ударных импульсов, основанный на использовании специального датчика с резонансной частотой 32 кГц и алгоритма обработки ударных волн малой энергии, генерируемых подшипниками качения вследствие соударений и изменений давления в зоне качения этих подшипников (Эдвин Сёхль, SPM Instrument, Швеция, 1968г.); 12

# Теоретические основы вибродиагностики

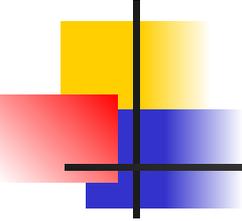
При анализе вибрации машин и оборудования практически не встречаются колебания простых форм, как правило, это несколько механических колебаний, наложенных друг на друга, в результате чего временная реализация имеет очень сложные формы неподдающиеся описанию. Чтобы обойти ограничения анализа во временной области, обычно на практике применяют частотный или спектральный анализ вибрационного сигнала.



# Теоретические основы вибродиагностики



# Современное состояние рынка приборов вибродиагностики



---

При выборе средств измерений необходимо учитывать специфические вопросы, влияющие на выбор анализатора вибросигналов с оптимальным (иногда и уникальным) набором параметров. Все рассматриваемые ниже свойства приборов реально присутствуют в тех или иных модификациях различных фирм.

Поняв требования к прибору, много легче сделать правильный выбор. В первую очередь, необходимо учитывать требования к анализаторам вибросигналов, обусловленные диагностикой технического состояния и дефектов некоторых типов оборудования.

При выборе приборов важным является вопрос программного обеспечения виброконтроля. Он тоже имеет два аспекта:

- внутреннее программное обеспечение прибора;
- внешнее, располагаемое на компьютере.

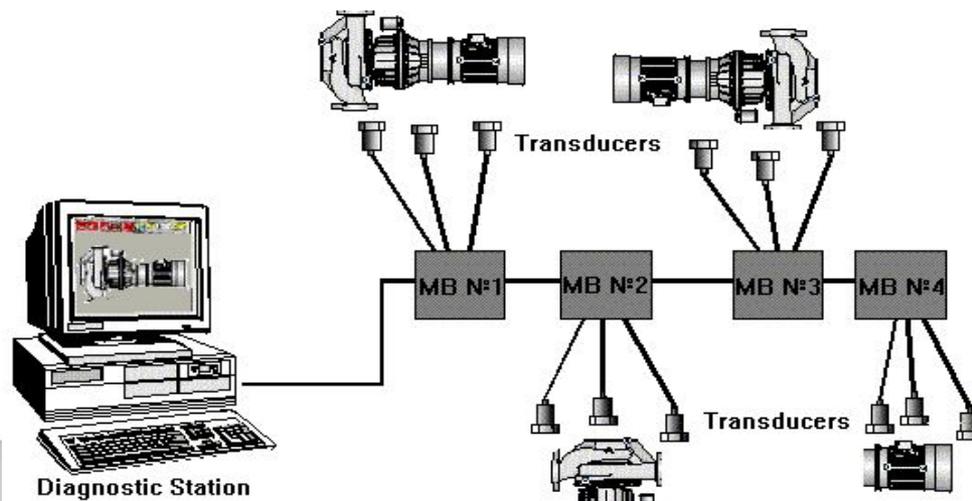
# Современное состояние рынка приборов вибродиагностики

В настоящее время все вибродиагностические комплексы принято делить на два типа - портативные и стационарные. Портативные, в свою очередь, можно условно разделить на следующие виды: виброметры, сборщики данных, виброанализаторы.



# Современное состояние рынка приборов вибродиагностики

Стационарные системы бывают также нескольких видов: системы виброзащиты, системы мониторинга, системы диагностики и анализа.



# Современное состояние рынка приборов вибродиагностики

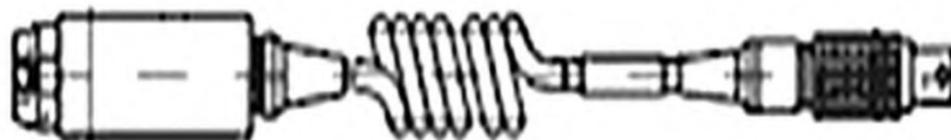
В основе всех средств измерения и анализа сигналов вибрации и шума лежат три типа устройств, выполняющих разные операции. Первый - датчик вибрации или микрофон с усилителями, преобразующие колебания в электрический сигнал. Второй – аналого-цифровой преобразователь (АЦП), преобразующий аналоговый электрический сигнал в цифровой код. Третий - детектор, служащий для оценки амплитуды (мощности) выделенных компонент или ЭВМ с комплектом программ, позволяющим преобразовывать цифровой сигнал в вид, удобный для анализа и принятия решения.



# Современное состояние рынка приборов вибродиагностики

## Вибропреобразователи

Пьезоэлектрический акселерометр является универсальным вибродатчиком, в настоящее время применяемым почти во всех областях измерения и анализа механических колебаний. Эксплуатационная характеристика пьезоэлектрических акселерометров в общем лучше характеристики любого другого вибродатчика. Пьезоэлектрические акселерометры отличаются широкими рабочими частотным и динамическим диапазонами, линейными характеристиками в этих широких диапазонах, прочной конструкцией, надежностью и долговременной стабильностью параметров.



# Современное состояние рынка приборов вибродиагностики



AP20

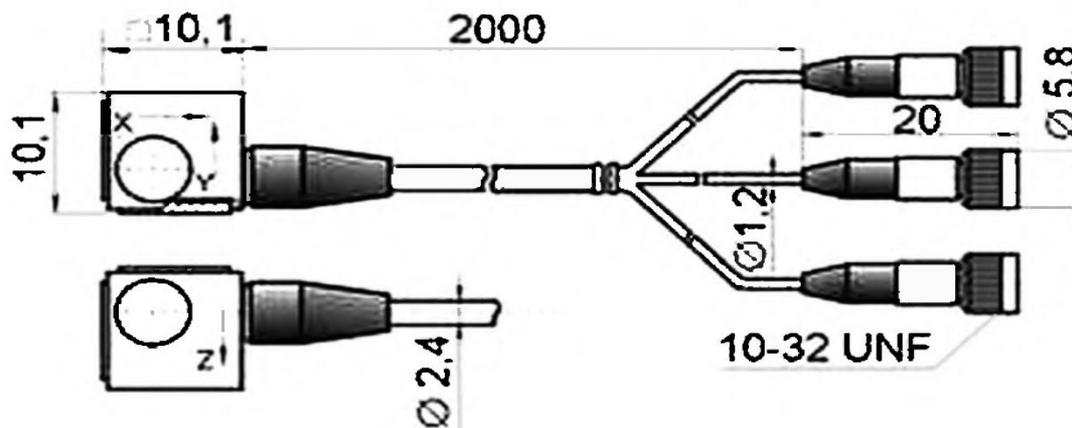


AP21



AP22

Миниатюрные трехкомпонентные вибропреобразователи, назначение которых - одновременное измерение трех взаимоперпендикулярных составляющих пространственного вибрационного и ударного ускорения в составе портативных или стационарных диагностических систем при лабораторных исследованиях.



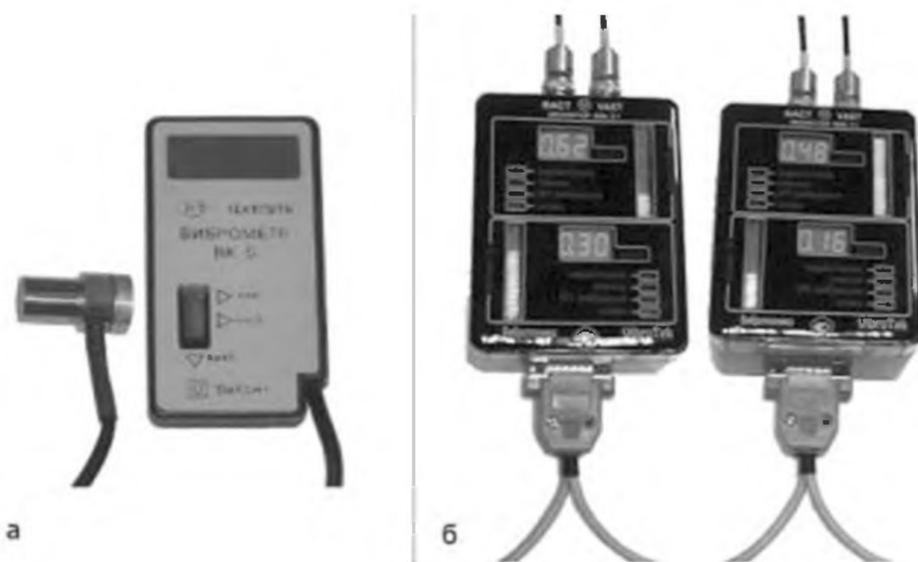
# Современное состояние рынка приборов вибродиагностики



Пьезоэлемент практических пьезоэлектрических акселерометров сконструирован так, что при возбуждении механическими колебаниями предусмотренная в корпусе акселерометра масса воздействует на него силой, пропорциональной ускорению механических колебаний. Это соответствует закону, согласно которому сила равна произведению массы и ускорения. Основные варианты конструкции практических пьезоэлектрических акселерометров следующие: Вариант сжатия, в котором масса воздействует силой сжатия на пьезоэлектрический элемент и Вариант сдвига, характерным для которого является работа пьезоэлемента под действием срезающего усилия, обусловливаемого внутренней массой акселерометра.

# Современное состояние рынка приборов вибродиагностики

## Простейшие средства измерения и анализа вибрации



Простейшими по глубине анализа техническими средствами являются приборы и системы допускового контроля и аварийной защиты. Их обязательной функцией является измерение величины виброскорости или вибросмещения в стандартной полосе частот, например от 2 до 1000 или от 10 до 1000 Гц.

На рисунке приведен вид простейшего прибора (виброметра) для допускового контроля вибрации производства фирмы «Виконт» и простейшего устройства аварийной защиты (сигнализации) по сигналу вибрации производства фирмы В АСТ

# Современное состояние рынка приборов вибродиагностики

## Портативные системы мониторинга и диагностики

Наряду со стационарными системами широкое применение находят и портативные переносные системы мониторинга и диагностики, оснащенные экспертными или автоматическими диагностическими программами. Эти системы можно разделить на два основных класса - расширенные системы мониторинга, в том числе и с экспертными программами, рассчитанные на то, что диагностику выполняет подготовленный эксперт, и системы массового диагностического обслуживания с программами автоматической диагностики и прогноза состояния типового вращающегося оборудования.



а



б

Виброанализатор СД-12М (а) и портативная стационарная система вибромониторинга и диагностики на его основ

# Современное состояние рынка приборов вибродиагностики

Среди задач вибрационного мониторинга и диагностики встречаются и такие, решение которых требует проведения специальных исследований, для которых может не хватать возможностей типовых анализирующих приборов. Поэтому ряд приборостроительных фирм выпускает технические средства для расширенного анализа сигналов, которые предусматривают предварительную запись этих сигналов в память прибора с последующим его многократным анализом различными методами.



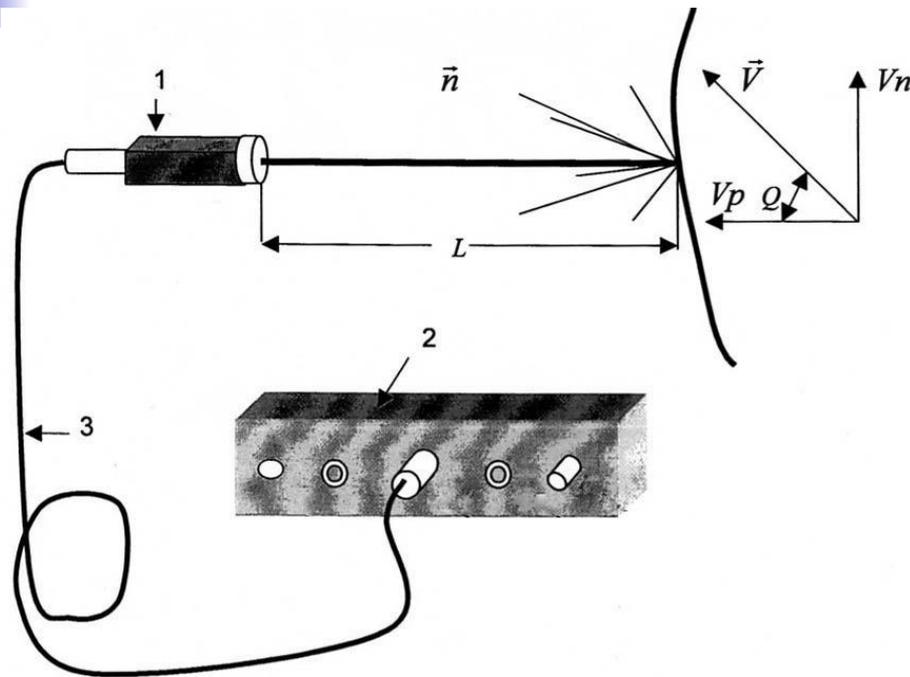
Многоходовые виртуальные анализаторы на базе компьютера производства фирмы "ВАСТ" и производства фирмы "Мера"

# Лазерная виброметрия

**Лазерная виброметрия** – современный, качественно новый уровень измерения параметров механических колебаний объектов. Уникальные физические особенности лазерных методов определяют многие их достоинства. Это возможность дистанционного бесконтактного измерения вибрации и отсутствие влияния на резонансные свойства объектов, в том числе микроскопических размеров; возможность измерений без предварительной подготовки поверхности объекта и оперативное измерение вибраций в различных точках объекта в опасной для персонала зоне (химически агрессивной, с высокой температурой, радиацией и т.д.).



# Лазерная виброметрия



Принцип действия лазерного виброметра заключается в сложении отраженного от объекта оптического сигнала, несущего информацию о колебательной скорости объекта, с излучаемым гетеродинным оптическим сигналом

Принцип действия лазерного преобразователя:

1 – лазерный виброметр, 2 – электронный блок, АЦП, 3 – соединительный кабель,  $n$  – направление лазерного луча,  $L$  – расстояние до объекта,  $V$  – вектор виброскорости;  $V_p$  – проекция виброскорости на направление лазерного луча;  $V_n$  – ортогональная лучу проекция виброскорости.

# Лазерный виброметр PDV-100

## Отличительные особенности PDV-100:

- бесконтактное измерение виброскорости в диапазоне частот от 0,5 Гц до 22 кГц;
- три диапазона измерения скорости для обеспечения сверхвысокого разрешения;
- цифровая обработка сигнала;
- аналоговый и цифровой выходы сигнала;
- расстояние до объекта от 0,1 до 30 метров (зависит от отражающей характеристики объекта);
- видимый безопасный для зрения лазерный луч (класс 2);
- легкая, эргономичная, прочная конструкция, герметический корпус;
- низкое энергопотребление.



# Лазерный виброметр PDV-100

Компактность и малый вес виброметра позволяют проводить измерения в труднодоступных местах, работать с объектами повышенной опасности. PDV-100 создан для бесконтактных измерений, когда важны точность, быстрота и мобильность:

- ▣ оценка и мониторинг технического состояния оборудования, узлов и деталей автомобильной (рисунок 1.6) и аэрокосмической техники;
- ▣ контроль и диагностика подшипников;
- ▣ двигатели, газогенераторы, трансформаторы, электростанции, насосы, компрессора;
- ▣ вибрация труб и трубок;
- ▣ печатные платы и электронные компоненты;
- ▣ метрология: калибровка датчиков;
- ▣ определение демпфирующих свойств материалов;
- ▣ измерение вибрации на живых организмах;
- ▣ возможность измерения объектов в воде и через стекло.



# Сканирующий виброметр PSV-500-3D

**Сканирующие виброметры Polytec** являются теми инструментами, которые дают возможность радикально сократить затраты времени и средств на исследования виброакустических явлений при решении задач диагностики, обеспечения прочности и динамических характеристик конструкций.



# Применение виброакустических методов в электроэнергетике

## Лазерный компьютеризированный акустический комплекс для диагностики опорно-стержневых изоляторов (КАД-3)

Лазерный акустический компьютеризированный комплекс предназначен для диагностики дефектности фарфоровых опорно-стержневых изоляторов (ИОС) разъединителей с целью снижения количества аварий из-за поломок ИОС в процессе их эксплуатации.



# Применение виброакустических методов в электроэнергетике

## В состав диагностического комплекса входит:

1. Лазерный бесконтактный преобразователь акустических сигналов.
2. Устройство возбуждения затухающих акустических колебаний в фарфоровом изоляторе.
3. Аналого-цифровой преобразователь с лицензионным пакетом прикладных программ для преобразования аналогового сигнала лазерного преобразователя в цифровой и передачи данных в компьютер.
4. Портативный компьютер.



# Применение виброакустических методов в электроэнергетике



Под управлением компьютера устройство возбуждения генерирует в диагностируемом ИОС затухающие акустические колебания, которые регистрируются лазерным преобразователем и преобразовываются в электрический сигнал, поступающий на аналого-цифровой преобразователь и далее - в компьютер. В компьютере осуществляется многокритериальный анализ полученной информации, позволяющий повысить достоверность определения целостности ИОС. По одному из критериев вычисляется спектр полученного сигнала. Спектр анализируется и сравнивается со статистическими полями допусков базы данных для конкретного типоразмера изолятора. На основании проведенного анализа компьютер без участия оператора делает вывод о наличии или отсутствии дефектов в данном конкретном экземпляре изолятора.

# Схема измерительно - диагностического комплекса

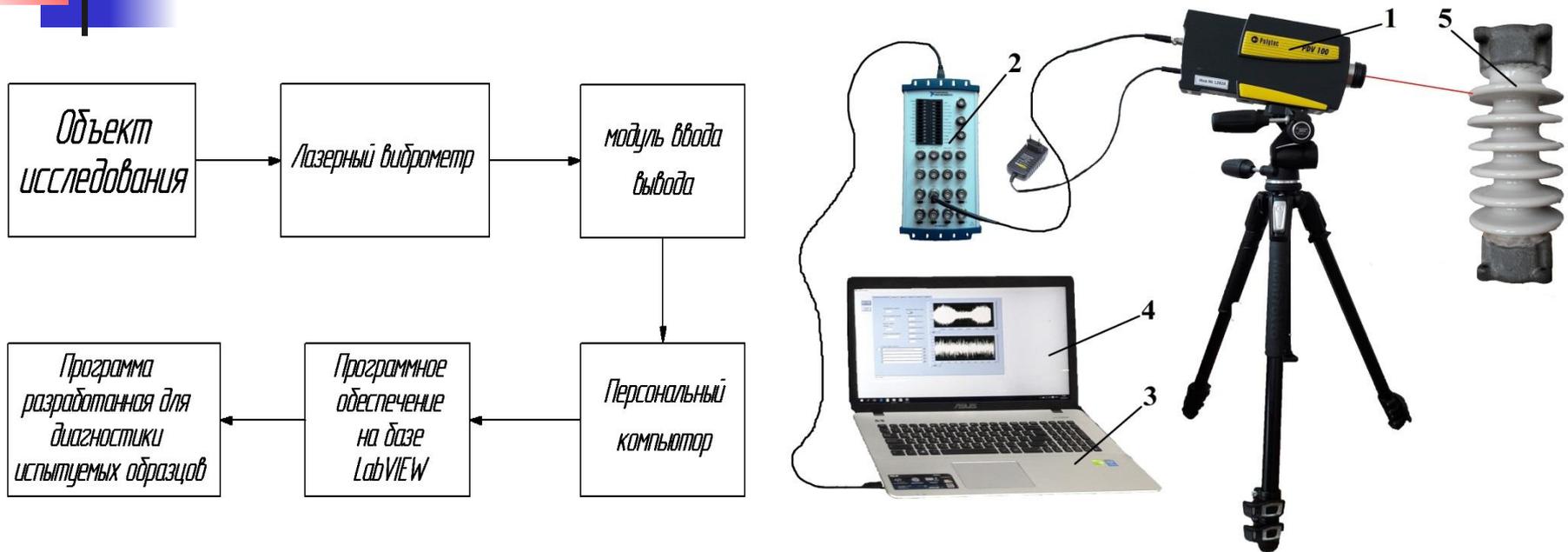


Схема ИДК: 1 - лазерный виброметр PDV-100; 2 - многофункциональный модуль ввода-вывода BNC 6212; 3 - персональный компьютер; 4 - программное обеспечение National Instruments (LabVIEW); 5 - объект исследования.



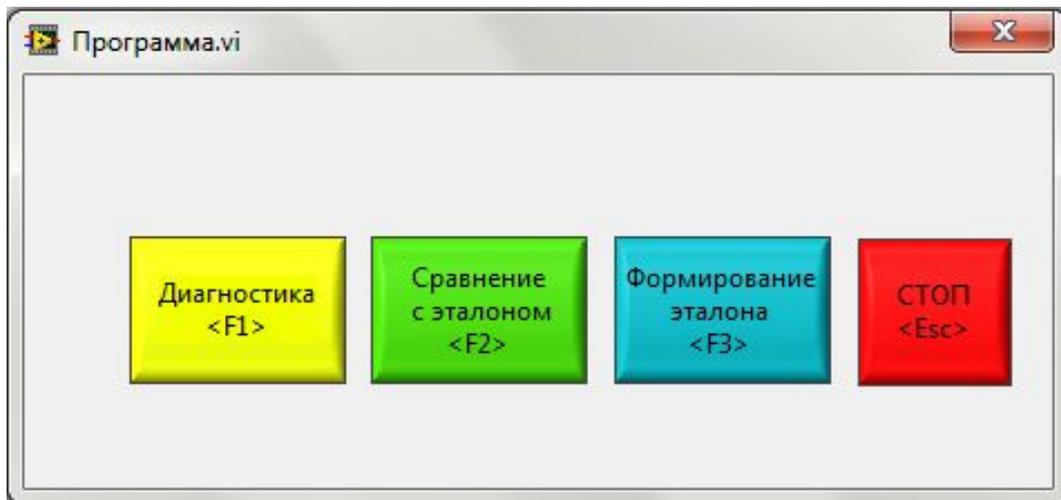
# Полевые испытания



# Программно-алгоритмическое обеспечение ИДК

Программное обеспечение применяется для формирования эталона и сравнения с ним записанных в память компьютера вибрационных сигналов. Оно состоит из объединенных в один пользовательский пакет следующих составных частей:

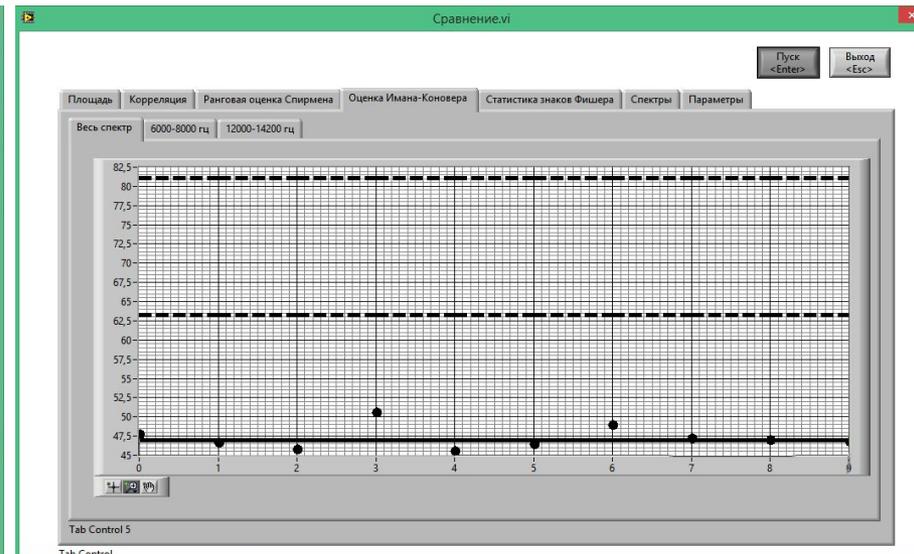
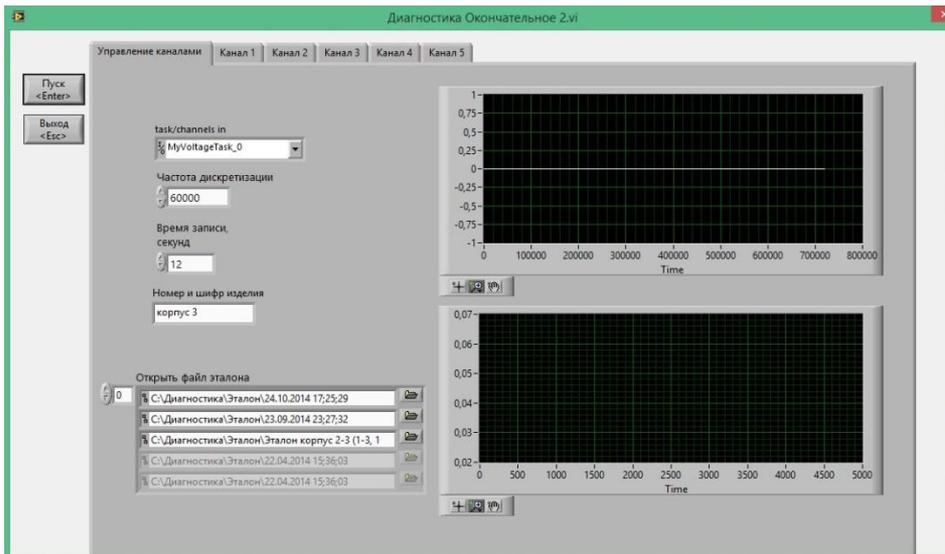
- программы контроль
- программы формирования эталонных спектров
- программы сравнения спектров с эталоном



# Программно-алгоритмическое обеспечение ИДК

## 1. Программа контроль

Программа контроль предназначена для, оценки отличий текущего спектра записанных сигналов в автоматическом режиме от эталонного спектра.

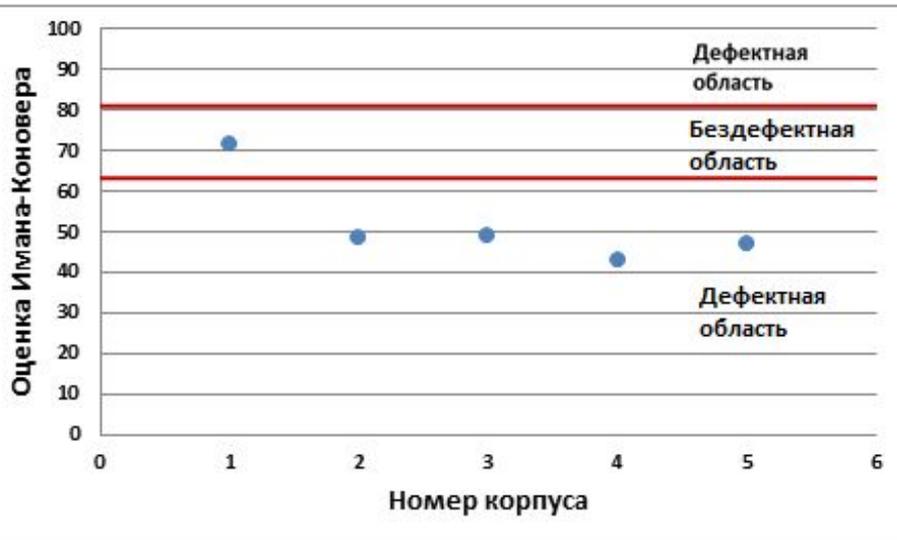


# Принцип отбраковки изделий

В качестве целевых функций сравнения спектров вибрационных сигналов в разработанных программах используются:

- площадь спектра;
- коэффициент корреляции;
- непараметрическая ранговая оценка Спирмена;
- оценка Имана-Коновера;
- статистика знаков Фишера.

Для определения изделий на «годное» или «дефектное» используется подход, характерный для процедур отбраковки аномалий.

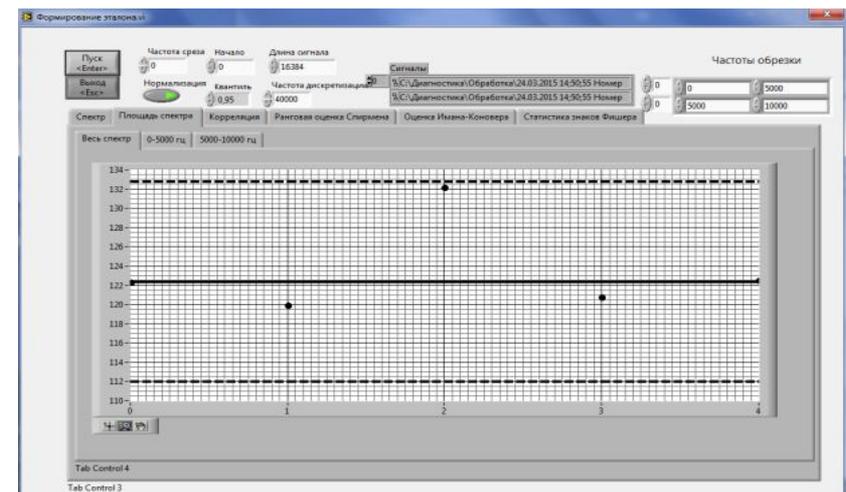
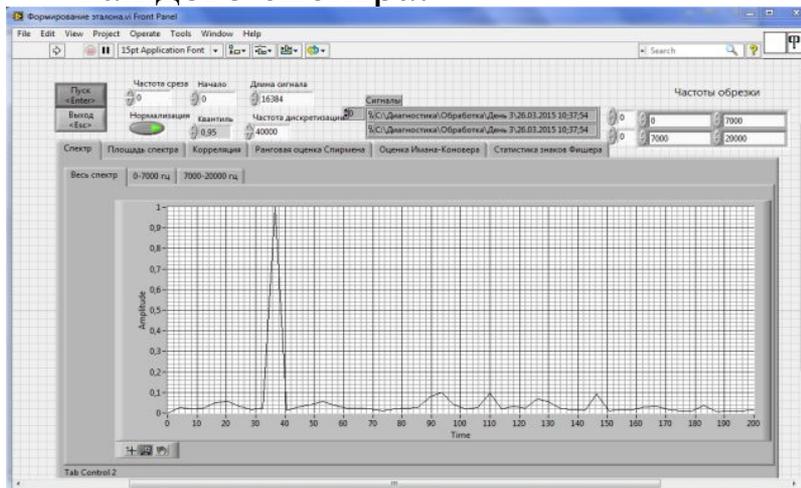


Если коэффициенты сравнения лежат в границах доверительного интервала, то объект исследования признается «годным», если выходят за пределы доверительного интервала, то изделие признается «дефектным».

# Программно-алгоритмическое обеспечение ИДК

## 2. Программа «Формирования эталонных спектров»

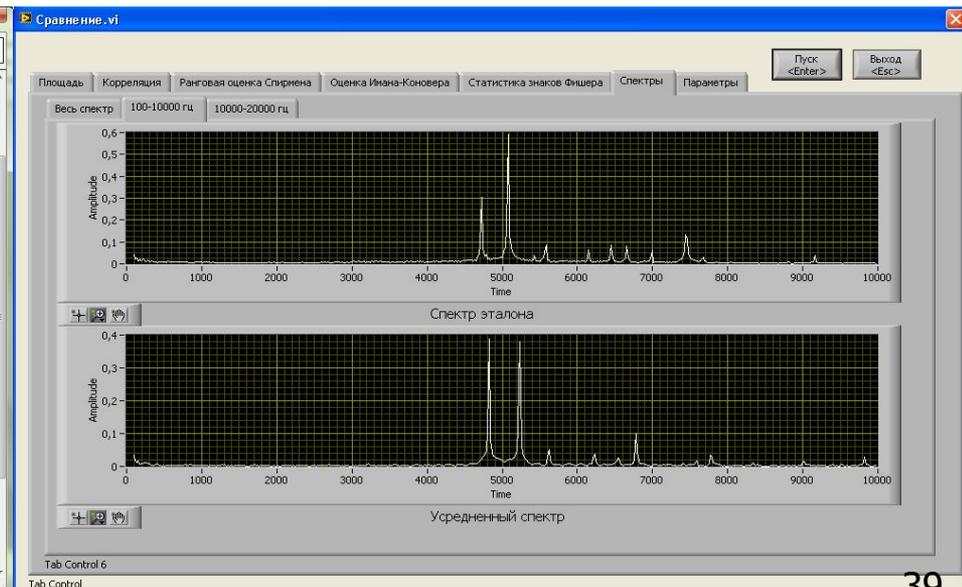
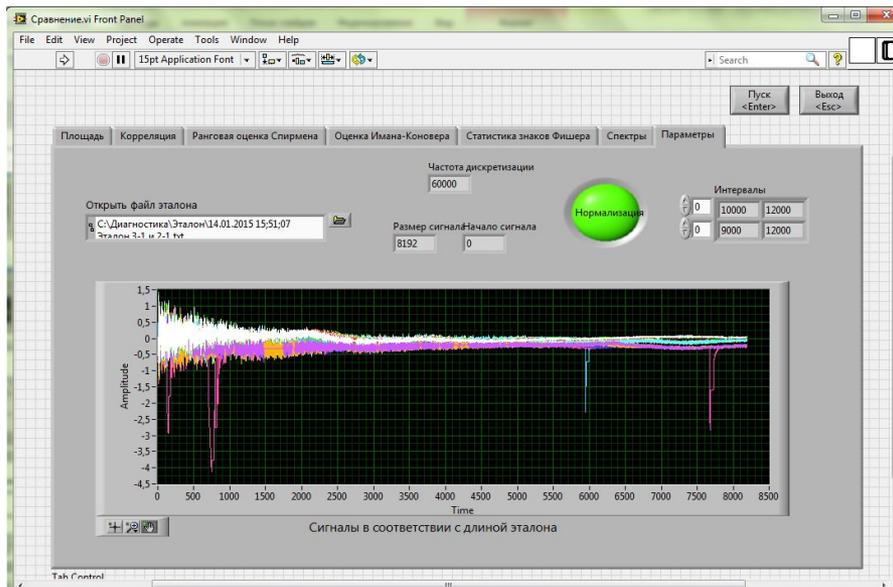
Программа формирования эталонных спектров предназначена для формирования эталона и доверительного интервала. Задача состоит в том, чтобы сформированный спектр был наиболее «типичным» для той совокупности спектров, по которой он формируется, т.е. включал наиболее общие характеристики спектров, и исключал индивидуальные особенности каждого спектра.



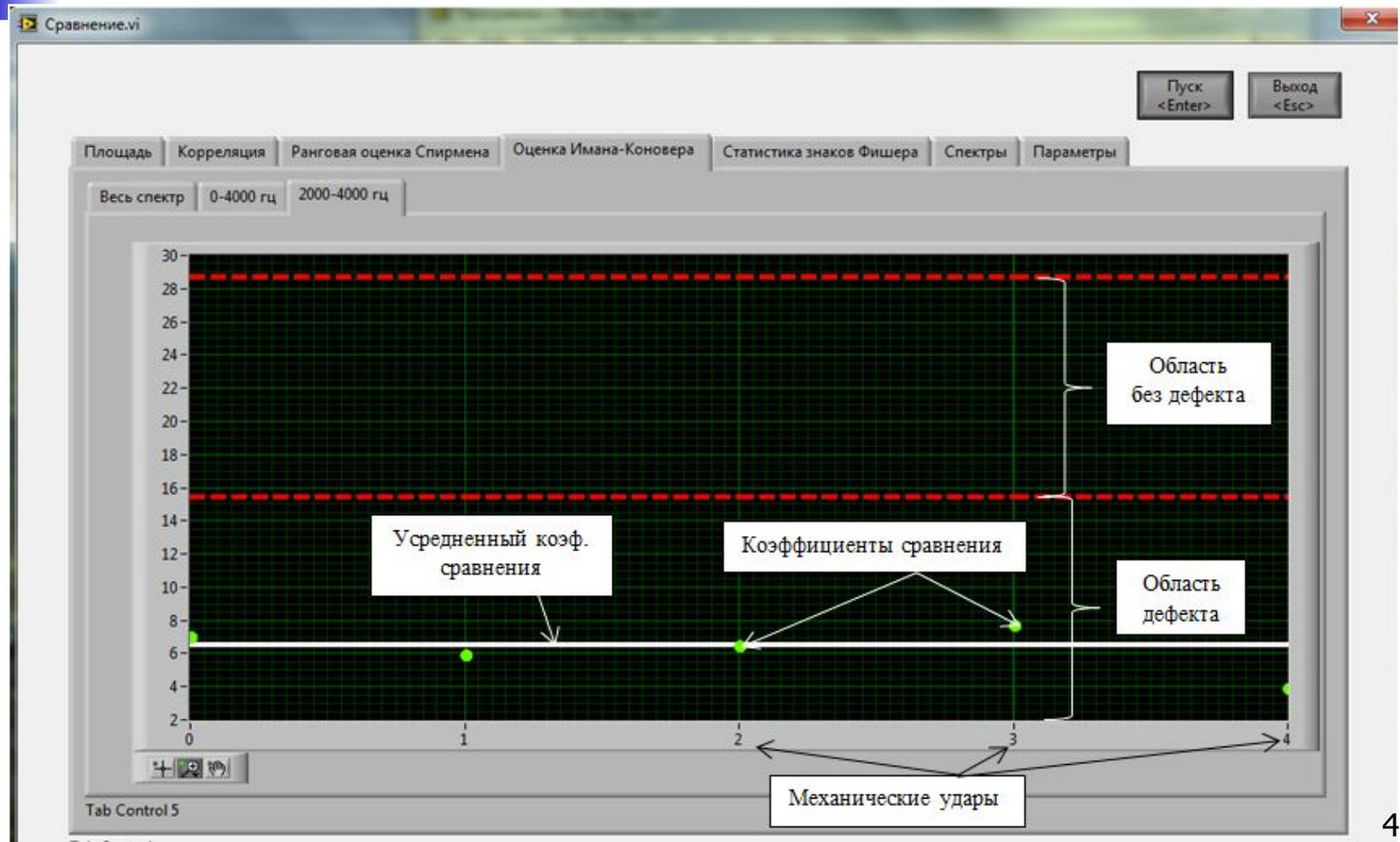
# Программно-алгоритмическое обеспечение ИДК

## 3. Программа сравнения спектров с эталоном

Программа сравнения спектров с эталоном предназначена для, оценки отличий каждого исходного спектра записанных сигналов от эталонного.



# Программно-алгоритмическое обеспечение ИДК



# Возможности ИДК

**Измерительно-диагностический комплекс позволяет производить:**

- контроль технического состояния деталей, узлов и механизмов ДВС;
- контроль технического состояния двигателей, генераторов, трансформаторов, опорно-стержневых изоляторов, электростанций, насосов, компрессоров;
- метрологию: калибровка датчиков.

Разработанный ИДК позволяет контролировать техническое состояние деталей, узлов и механизмов энергетических установок, как в процессе разработки, изготовления, так и в процессе эксплуатации, причем в последнем случае без разборки механизма.

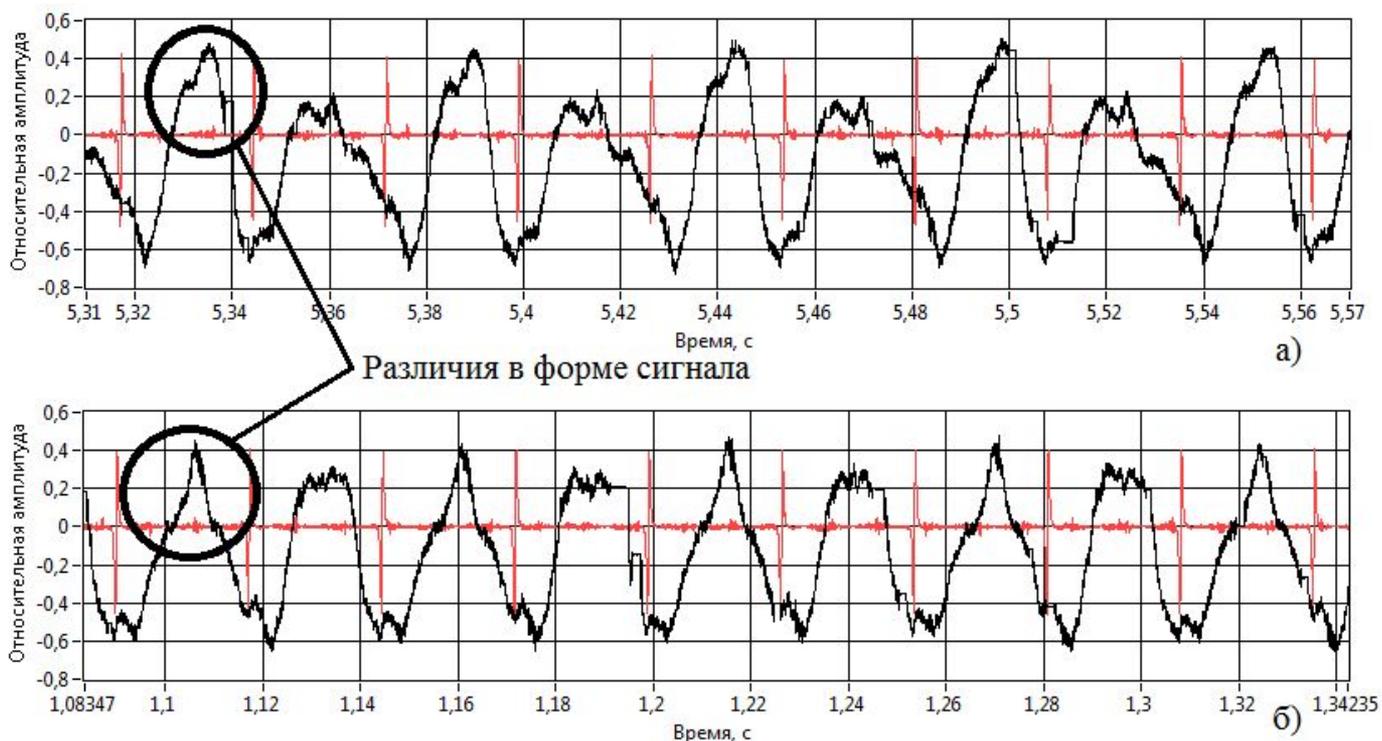


# КОНТРОЛЬ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ГАЗОВОГО ДВИГАТЕЛЯ

В рамках НИОКР по теме «Разработка системы виброакустической диагностики для экспресс-контроля деталей перспективного газового двигателя» в рамках проекта «Создание семейства двигателей КАМАЗ на альтернативных видах топлива с диапазоном мощностей 300...400 л.с. и потенциалом выполнения перспективных экологических требований» выполненной для ПАО «КАМАЗ» и КНИТУ-КАИ уже разработана методика контроля технического состояния работающего газового двигателя без разборки механизмов. Измерения проводились на работающем газовом двигателе в двух режимах работы: первый - двигатель работает в нормальном режиме, второй - один из цилиндров двигателя не работает (отключено питание на газовом дозаторе).



# КОНТРОЛЬ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ГАЗОВОГО ДВИГАТЕЛЯ



Сигнал лазерного виброметра с работающего двигателя : а) головка блока цилиндров двигателя в районе цилиндра №7, б) головка блока цилиндров двигателя в районе цилиндра №7 (отключено питание газового дозатора).

# Применение виброакустических методов в электроэнергетике

## Вибрационное обследование силовых трансформаторов

Вибрационное обследование трансформаторов позволяет оперативно оценить текущее техническое состояние активной части трансформатора (без вскрытия бака), а также маслонасосов, определить причины повышенной вибрации и, что особенно важно, своевременно выявить тенденции ухудшения технического состояния, как всего трансформатора, так и отдельных фаз обмотки и сердечника.

Существует несколько методов вибрационной диагностики технического состояния активной части трансформатора:

- измерение уровня вибрации на стенке бака трансформатора
- спектральный метод вибродиагностики
- частотный метод контроля уровня прессовки обмоток

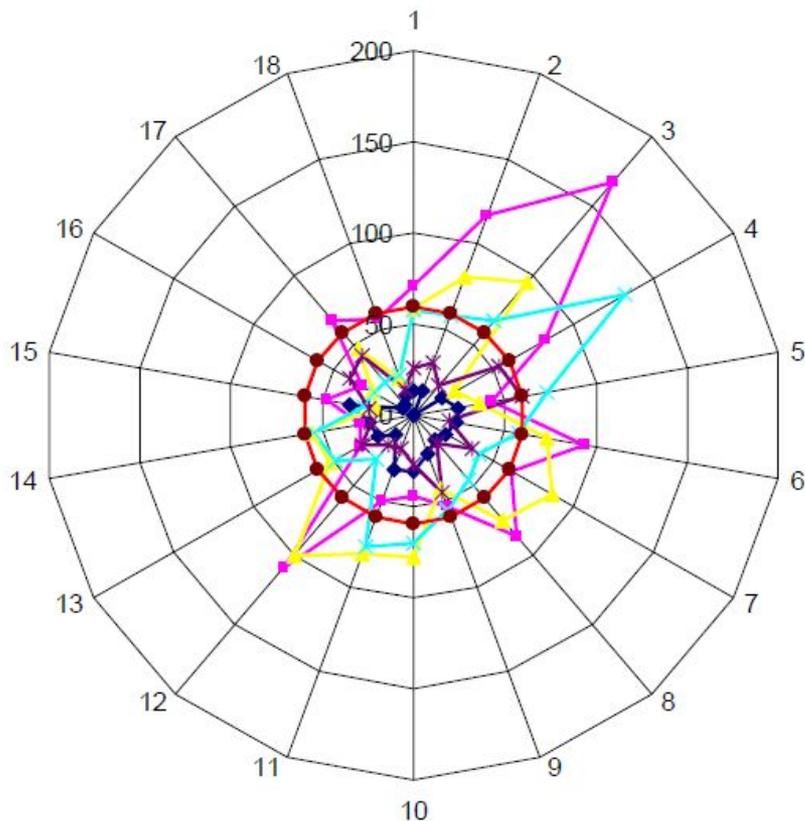


# Измерение уровня вибрации на стенке бака трансформатора

Среднеквадратичное значение (СКЗ) виброперемещения

Сектор	СКЗ виброперемещения на уровне по высоте, мкм				
	I	II	III	IV	V
1	13	71	59	58	26
2	14	116	81	59	31
3	-	167	95	67	21
4	18	83	26	132	53
5	24	43	37	73	60
6	23	93	73	58	19
7	20	62	87	41	37
8	17	87	75	46	20
9	22	53	43	55	45
10	31	44	78	70	27
11	32	50	81	77	19
12	14	110	100	31	21
13	22	34	52	49	32
14	24	29	56	55	23
15	36	48	20	27	24
16	7	32	26	24	39
17	8	68	47	24	43
18	12	56	21	23	15
<b>Предельно допустимое значение</b>	<b>60</b>				

# Измерение уровня вибрации на стенке бака трансформатора



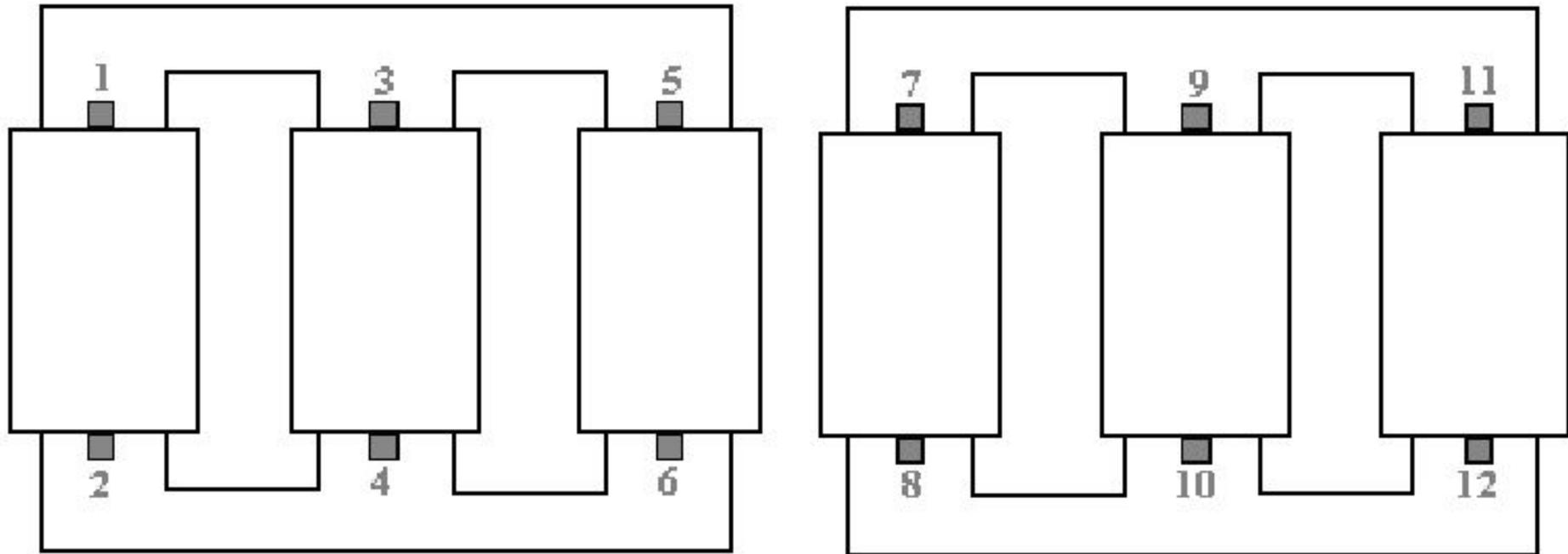
По опыту НИЦ “ЗТЗ-Сервис” нормально работающий трансформатор характеризуется следующими значениями вибрационных параметров:

- ускорение – ниже 10 м/с<sup>2</sup>;
- виброскорость – ниже 10 мм/с;
- виброперемещение – 100 мкм.



Эпюра среднеквадратичного значения  
виброперемещений  
поверхности бака реактора

# Спектральный метод вибродиагностики



Эскиз активной части трансформатора со стороны ВН (а) и  
стороны НН (б)

# Спектральный метод вибродиагностики

Среднеквадратичное значение (СКЗ) виброскорости в точках замера

Сторона трансформатора	Точки	СКЗ виброскорости в точках замера, мм/с					
		А		В		С	
		XX	PH	XX	PH	XX	PH
ВН	Верхняя	5,80	11,25	3,6	3,37	3,0	2,77
	Нижняя	1,20	1,43	7,8	2,45	2,2	1,75
НН	Верхняя	2,66	2,36	3,3	6,11	1,3	1,12
	Нижняя	1,40	1,72	3,1	3,28	2,3	1,97

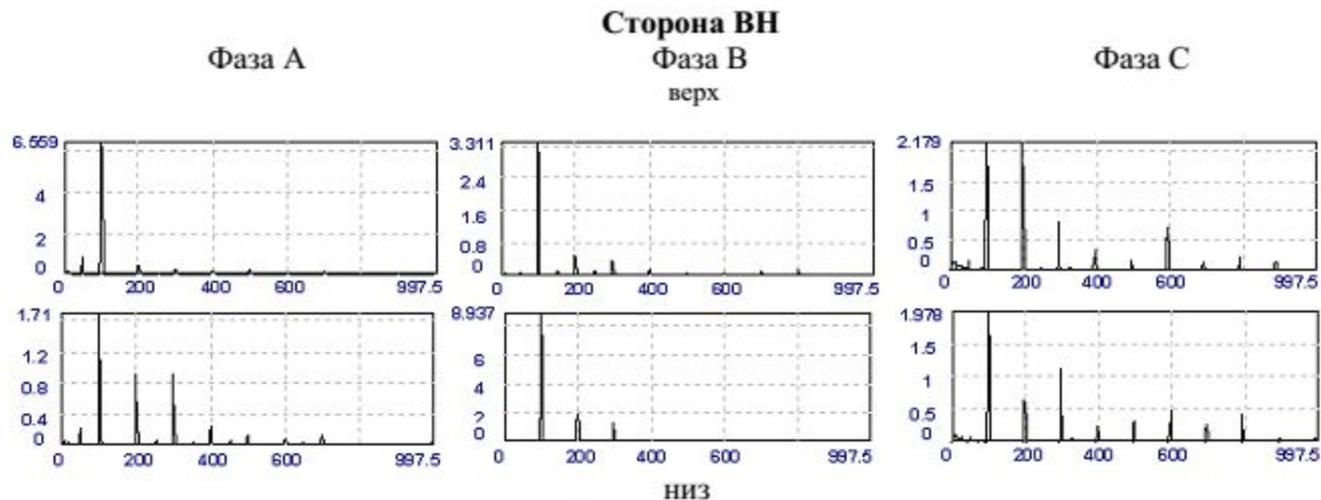


Рис. 4.2. Спектры виброскоростей (мм/с), полученные при измерениях на поверхности бака со стороны ВН при обследовании в режиме холостого хода

# Спектральный метод вибродиагностики

## Вибрационное обследование силовых трансформаторов

Коэффициенты прессовки обмоток трансформатора

Сторона трансформатора	Точки	Коэффициент прессовки обмоток в фазе		
		А	В	С
ВН	Верхняя	0,93	0,96	0,88
	Нижняя	0,91	0,93	0,88
НН	Верхняя	0,94	0,94	0,88
	Нижняя	0,94	0,95	0,88

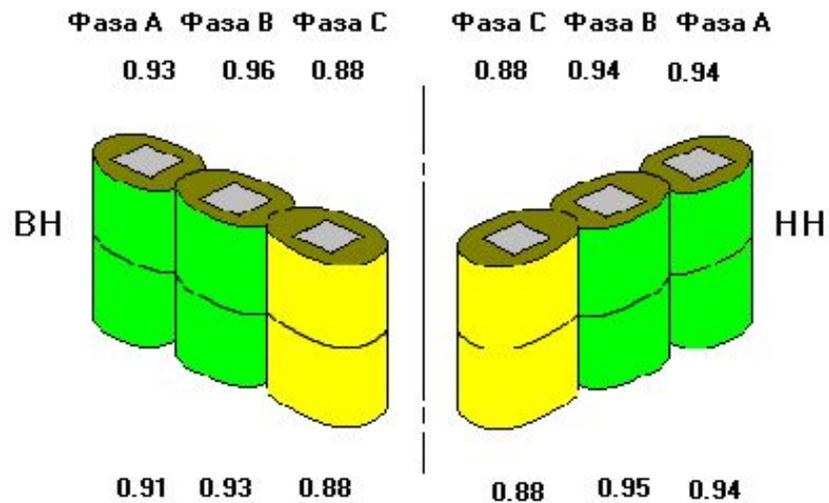


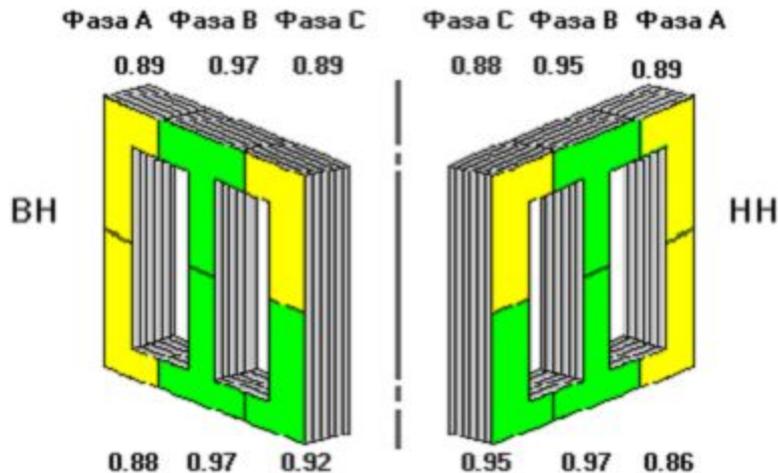
Рис. 4.3. Состояние прессовки обмоток трансформатора

# Спектральный метод вибродиагностики

## Вибрационное обследование силовых трансформаторов

Коэффициенты прессовки магнитопровода трансформатора

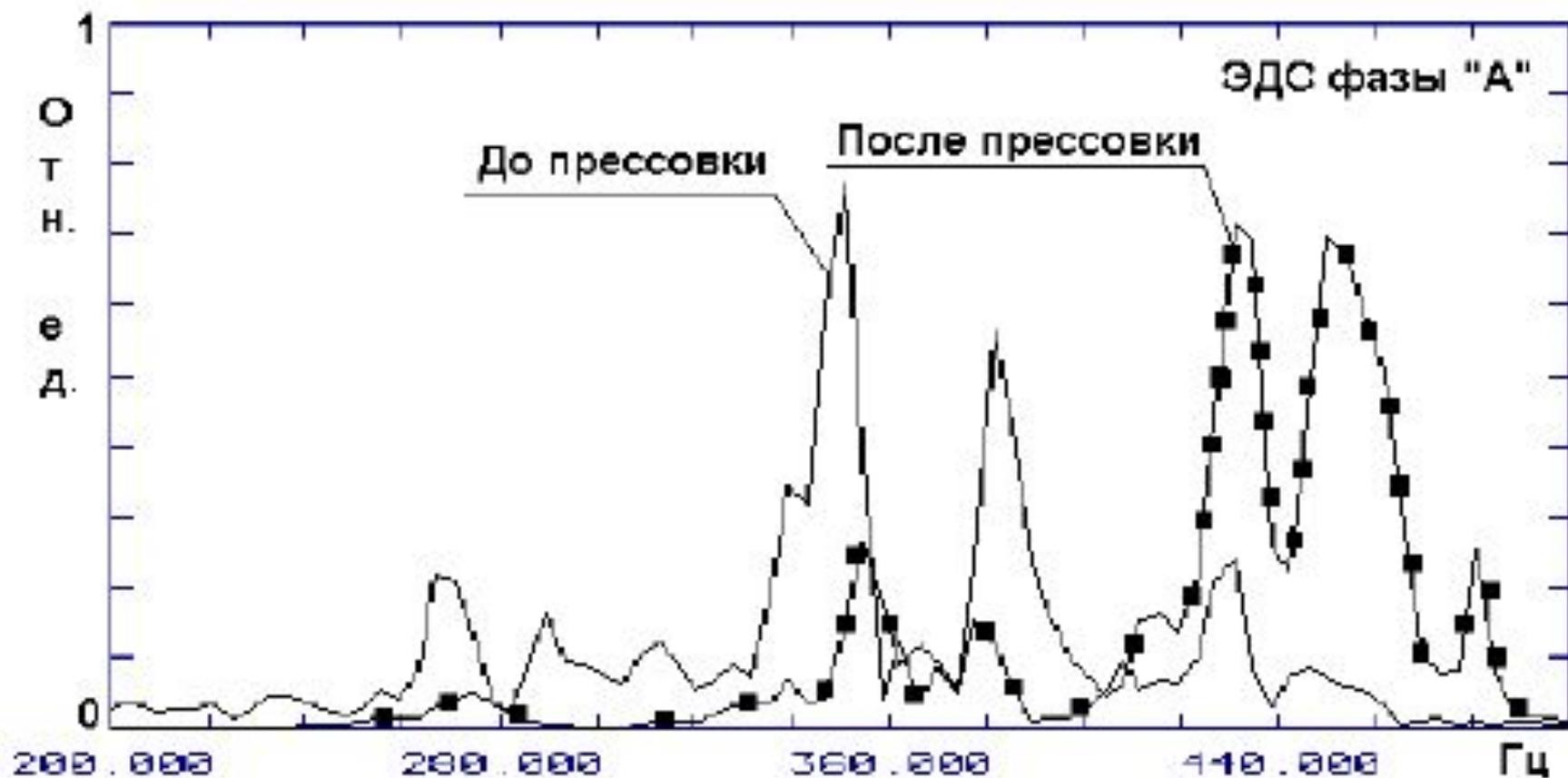
Сторона трансформатора	Точки	Коэффициент прессовки магнитопровода в фазе		
		А	В	С
ВН	Верхняя	0,89	0,97	0,89
	Нижняя	0,88	0,97	0,92
НН	Верхняя	0,89	0,95	0,88
	Нижняя	0,86	0,97	0,95



По результатам вибрационного обследования трансформатора программа выдает относительные коэффициенты качества прессовки элементов трансформатора. Все эти коэффициенты рассчитываются как для всего трансформатора, так и для каждой фазы и для любой контролируемой точки.

Рис. 4.4. Состояние прессовки магнитопровода трансформатора

# Частотный метод контроля



# Применение виброакустических методов в электроэнергетике

Основными методами вибродиагностики, которые используются при решении задач мониторинга и функциональной диагностики электрических машин, являются: анализ общего уровня вибрации, метод ударных импульсов, частотный анализ и метод спектрального анализа огибающей высокочастотной вибрации. Простейшим из методов вибродиагностики является измерения общего уровня вибрации. В этом случае в широких частотных диапазонах измеряются среднеквадратичные или пиковые значения виброускорения механических колебаний



Уровень вибрации корпуса в полосе 10-1000 Гц, мм/с	Небольшие машины мощностью до 15 кВт	Средние машины мощностью от 15 до 75 кВт	Большие машины с вращаю- щимися массами, смонтиро- ванные на жестких и тяжелых фундамен- тах.	Турбоустановки
28	Red	Red	Red	Red
18	Red	Red	Red	Red
11	Red	Red	Red	Yellow
7	Red	Red	Yellow	Yellow
4.50	Red	Yellow	Yellow	Blue
2.80	Yellow	Yellow	Blue	Blue
1.80	Yellow	Blue	Blue	Green
1.12	Blue	Blue	Green	Green
0.71	Blue	Green	Green	Green
0.45	Green	Green	Green	Green
0.28	Green	Green	Green	Green

Зона Д - недопустимо

Зона С - допустимо

Зона В - приемлемо

Зона А - хорошо

Условные обозначения	
Green	Состояние агрегата хорошее
Blue	Состояние агрегата допустимое
Yellow	Состояние агрегата удовлетворительное
Red	Состояние агрегата недопустимое

Рис. 4.1. Техническое состояние по ГОСТ ИСО 10816-1

# СТЕНД ДЛЯ ПОСЛЕРЕМОНТНЫХ ИСПЫТАНИЙ АСИНХРОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ НАПРЯЖЕНИЕМ ДО 1000 В

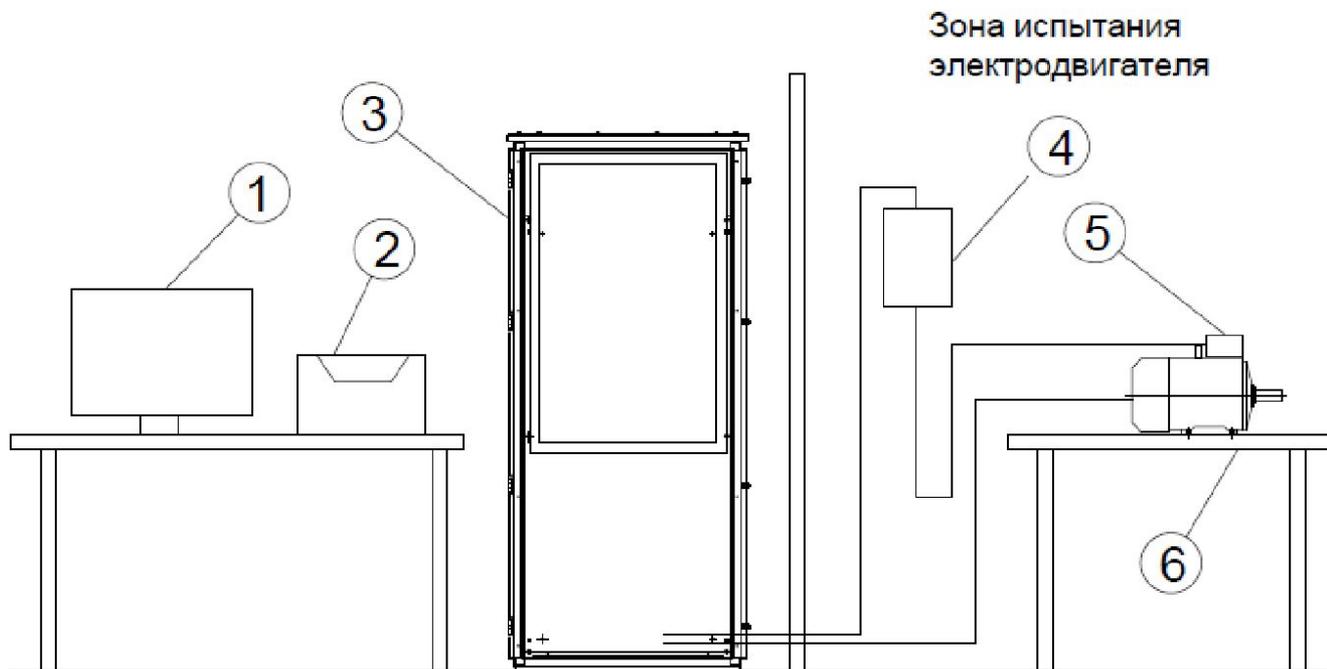


Рисунок 1.1 – Состав испытательного стенда: 1 – персональный компьютер;  
2 – печатающее устройство; 3 – главный щит; 4 – розетка;  
5 – электродвигатель с установленными датчиками; 6 – испытательный стол

# СТЕНД ДЛЯ ПОСЛЕРЕМОНТНЫХ ИСПЫТАНИЙ АСИНХРОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ НАПРЯЖЕНИЕМ ДО 1000 В



Внешний вид рабочего места оператора



Главный щит станда

# СТЕНД ДЛЯ ПОСЛЕРЕМОНТНЫХ ИСПЫТАНИЙ АСИНХРОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ НАПРЯЖЕНИЕМ ДО 1000 В



Объект испытания с установленной на нем системой датчиков



Розетка для подключения  
испытываемого  
электродвигателя к стенду

# СТЕНД ДЛЯ ПОСЛЕРЕМОНТНЫХ ИСПЫТАНИЙ АСИНХРОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ НАПРЯЖЕНИЕМ ДО 1000 В

Перечень средств измерений и испытательного оборудования, необходимых для проведения испытаний



Датчики вибрации и частоты  
вращения вала

- Измеритель параметров электрической сети МЭ110-220.3М
- Термопреобразователь сопротивления ДТС 014
- Модуль скоростного ввода аналоговых сигналов МВ110-8АС
- Тахометр ОВЕН ТХ-01
- Датчик вибрации ИВДЗ
- Микроомметр М4104
- Мегаомметр М4122

# СТЕНД ДЛЯ ПОСЛЕРЕМОНТНЫХ ИСПЫТАНИЙ АСИНХРОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ НАПРЯЖЕНИЕМ ДО 1000 В

Пункт программы испытаний	Наименование показателя	Ед. изм.	Номинальное значение	Пределы отклонения	Пункт методики
1	Измерение сопротивления изоляции	Мом	-	$\geq 1,0$	6.1
2	Измерение коэффициента абсорбции	у.е.	-	$\geq 1,3$	6.2
3	Измерение коэффициента поляризации	у.е.	-	$\geq 1,0$	6.3
4	Сопротивление обмоток постоянному току	ом	-	$\pm 2\%$	6.4
5	Ток электродвигателя на хх	А	-	$\pm 1\%$	6.5

Пункт программы испытаний	Наименование показателя	Ед. изм.	Номинальное значение	Пределы отклонения	Пункт методики
6	Напряжение электродвигателя на хх	В	-	$\pm 1\%$	6.6
7	Температура статора	$^{\circ}\text{C}$	-	65	6.7
8	Температура переднего подшипника	$^{\circ}\text{C}$	-	65	6.8
9	Температура заднего подшипника	$^{\circ}\text{C}$	-	65	6.9
10	Вибрация электродвигателя	мм/сек	-	1,8	6.10

# СТЕНД ДЛЯ ПОСЛЕРЕМОНТНЫХ ИСПЫТАНИЙ АСИНХРОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ НАПРЯЖЕНИЕМ ДО 1000 В

**Параметры испытания**

ФИО Начальника лаборатории:  
Петров А.А.

ФИО старшего мастера:  
Иванов В.В.

ФИО испытателя:  
Семенов А.И.

**Виды испытаний:**

- Измерение сопротивления изоляции
- Измерение абсорбции
- Измерение поляризации
- Измерение сопротивления обмоток
- Обкатка

Продолжительность обкатки:  
1 минут

Измерение оборотов

**Параметры объекта испытания:**

Ремонтный номер: \_\_\_\_\_

Заводской номер: Отсутствует

Тип электродвигателя: Асинхронный

Мощность, кВт: \_\_\_\_\_

Частота вращения: \_\_\_\_\_

Напряжение питания, В: 380

Схема соединения обмоток: Звезда

Высота оси вращения, мм: 100

Допустимая вибрация: 1,8 мм/сек

Новое испытание / Завершил работу!

**RESET** **OFF**

**Время испытания: 13:21**  
**Осталось: 0:01**

Form1

Файл Настройки испытаний Справка ?

Измерения сопротивления:  
R изоляции = 37699,336 МОм - Норма  
Коэф абсорбции изоляции = 2,879 - Норма  
Коэф поляризации изоляции = 2,61 - Норма  
Сопротивление фазы А = 43,605495 Ом  
Сопротивление фазы В = 42,7386825 Ом  
Сопротивление фазы С = 42,3801675 Ом  
Разброс: 1,4%; E=43,605495 M=42,3801675

Открыть протокол | Печать протокола | Открыть папку с протоколами | Состояние процесса

**Обкатка**

Напряжение и ток

Фаза	Напряжение (В)	Ток (А)	Активная мощность (Вт)	Реактивная мощность (Вар)	Полная мощность (кВА)
A	335В	4.4А	1.7кВт	1.9кВар	2.6кВА
B	297В	3.9А	1.5кВт	1.7кВар	2.3кВА
C	260В	3.4А	1.3кВт	1.5кВар	2.0кВА
A	238В	2.9А	1.1кВт	1.3кВар	1.7кВА
B	88В	2.4А	0.9кВт	1.1кВар	1.4кВА
A	44В	1.9А	0.7кВт	0.8кВар	1.1кВА
B	11В	1.4А	0.5кВт	0.6кВар	0.8кВА
C	74В	0.9А	0.3кВт	0.4кВар	0.5кВА
A	7В	0.4А	0.1кВт	0.1кВар	0.1кВА
B	17.4В	0.А	0.0кВт	0.0кВар	0.0кВА

Дл = 19-93-97-99-62-9-100-63-112-63-2-101-63-51-63-8-102-63-11-94-

Вибрация

Скорость	Вибрация (мм/сек)
107	0.99
100	0.85
93	0.71
86	0.59
79	0.51
72	0.39
65	0.23
58	0.17

Температура и обороты

Температура (°C)	Обороты (об/мин)
38	1414
37	1257
36	1100
35	942
34	785
33	628
32	471
31	314
30	157
29	0

Обновить графики

У=2366 R=37699,336  
A=2,879  
P=2,61  
Ra=43,605495 Ом  
Rb=42,7386825 Ом

Состояние системы

TabPage1 | TabPage2

Подключение к стенду

СЕТЬ 380 В

Ход испытания: Формирование протокола | Команда на измерение сопротивления изоляции | Количество измерений: 59 точек

# Спасибо за внимание

