

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА МОНИТОРИНГА КРУПНОГАБАРИТНЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ

кафедра «Проектирование и технология производства ЭА»
МГТУ им. Н.Э. Баумана

Цель работы: исследование области виброанализа и вибродиагностики и создание автоматизированной системы мониторинга крупногабаритных энергетических комплексов.

Решаемые задачи:

- изучение области применения вибрационного анализа и диагностики;
- создание программной базы комплекса мониторинга с поддержкой модульной структуры для возможного наращивания комплекса;
- разработка множества модулей для съема данных с датчиков, для генерации полей, а также модулей визуализации;
- адаптация разработанного комплекса для задач мониторинга крупногабаритных комплексов;
- создание экспертной системы на базе СУБД.

Задачи анализа по вибрации

◆ вибращионный мониторинг машин и оборудования

Назначение: обнаружение изменений вибращионного состояния контролируемого объекта в процессе эксплуатации

◆ вибращионная диагностика

Назначение: обнаружение изменений и прогноз развития технического состояния каждого из элементов объекта, для которого существует реальная вероятность отказа в период между ремонтами

◆ балансировка роторов по вибрации

Назначение: уравновешивание ротора и, тем самым, снижение низкочастотной вибрации машины

◆ обнаружение источников вибрации (шума)

Назначение: поиск источника повышенной вибрации среди большого количества объектов, недоступных для установки датчиков вибрации, по шуму, излучаемому этим источником

◆ обнаружение источников акустической эмиссии

Назначение: обнаружение дефектов на ранней стадии развития по утечкам, обнаруживаемым по акустической эмиссии дефектных участков нагруженных оболочек и конструкций

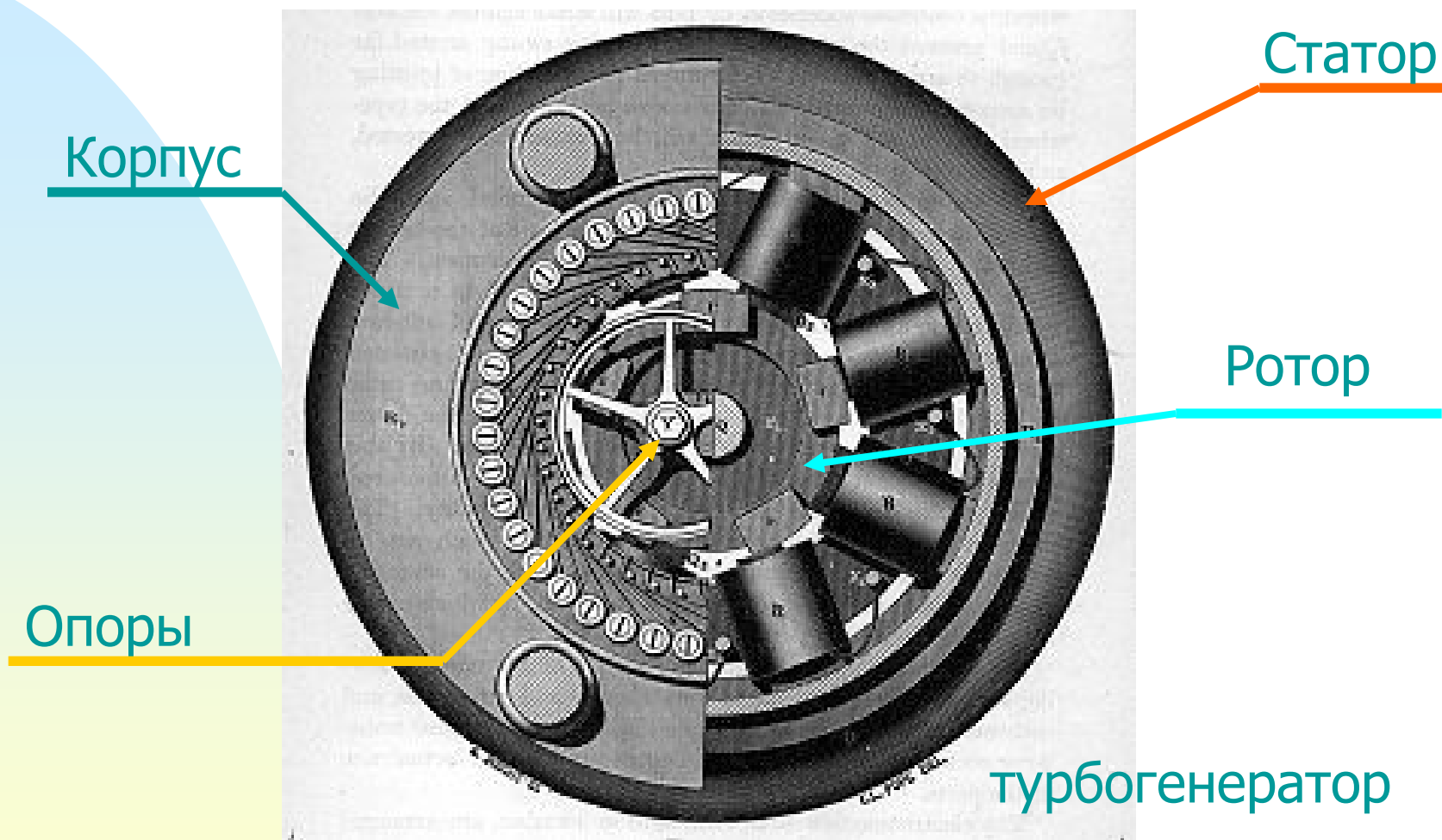
◆ вибращионный модальный анализ

Назначение: отработка новых конструкций машин и оборудования и выходной контроль серийно выпускаемых изделий

◆ ультразвуковая дефектоскопия

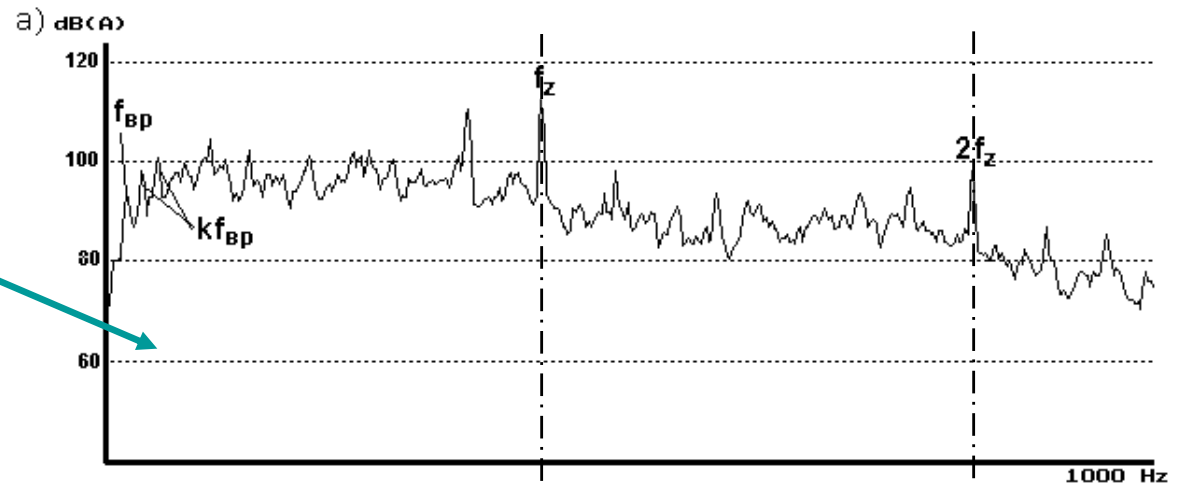
Назначение: обнаружение и локализация дефектных участков внутри деталей или их заготовок

Структура исследуемого объекта

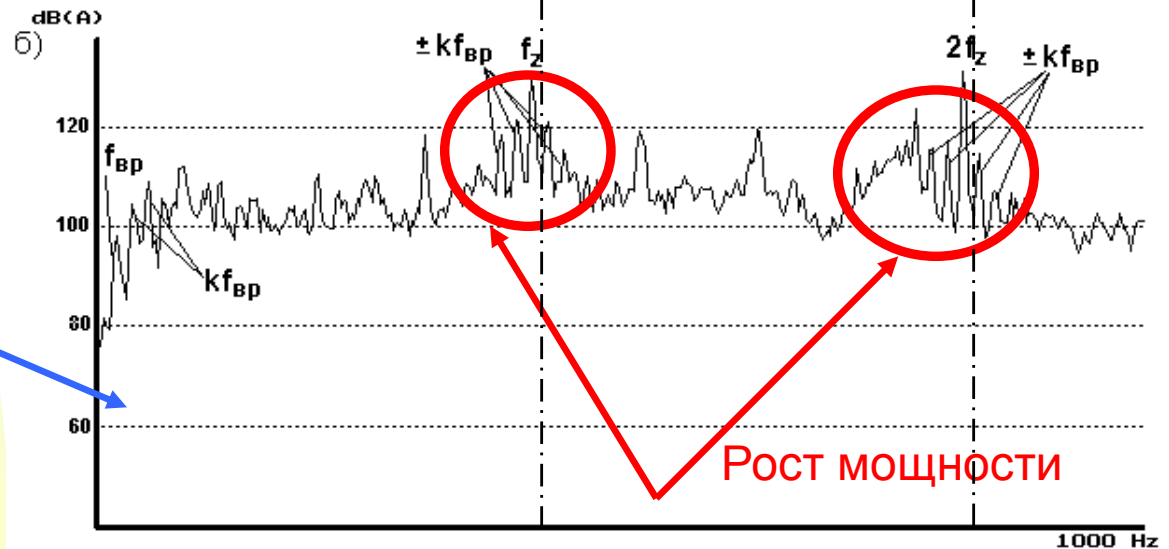


Методы мониторинга и диагностики

Бездефектный
редуктор



Редуктор с дефектом
шестерни



Методы мониторинга и диагностики

Порог слабого сигнала вибрации

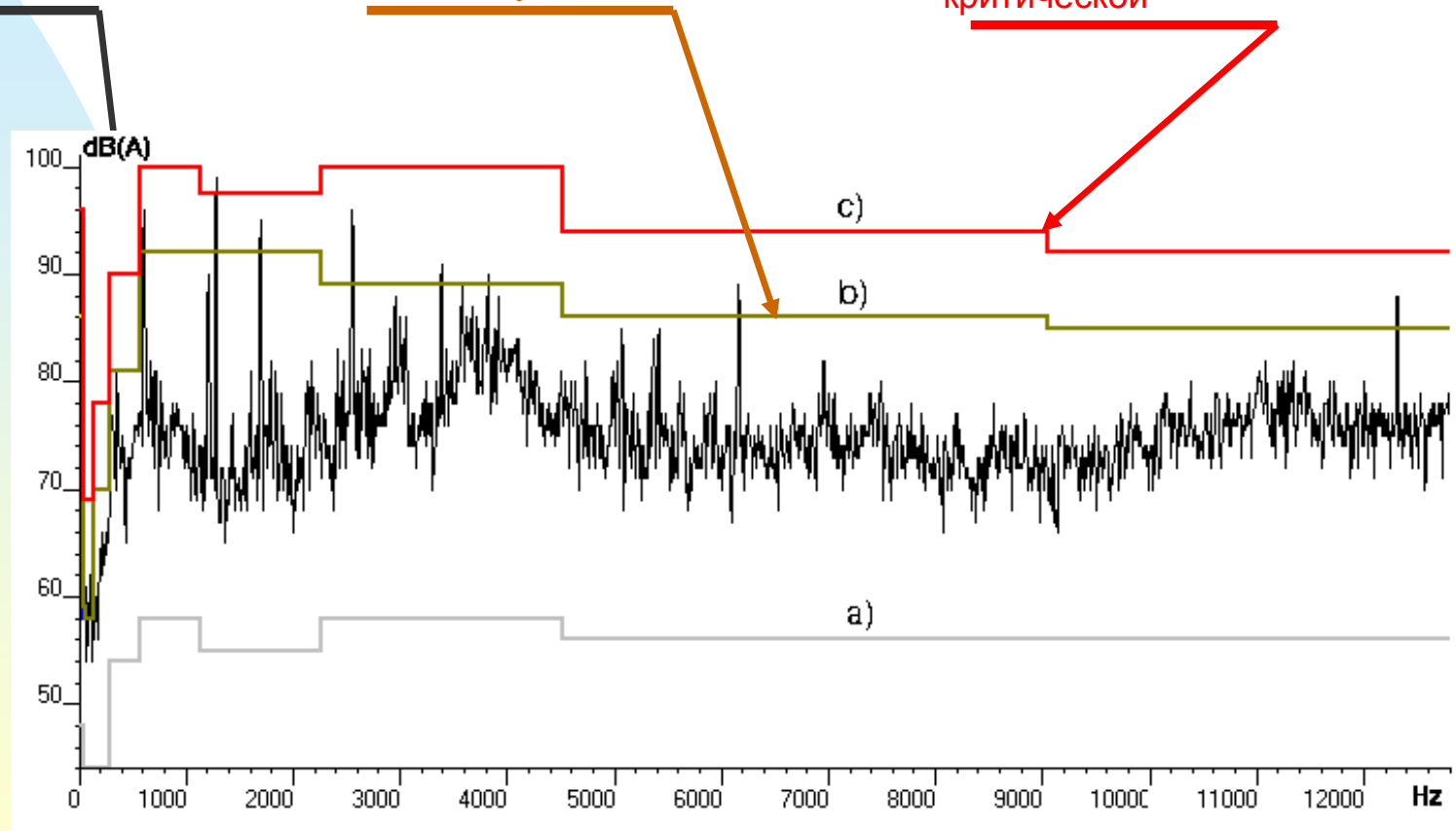
нет дефектов, идеальный случай

Порог среднего сигнала вибрации

дефекты есть, но эксплуатация объекта допускается

Порог сильного сигнала вибрации

ситуация близкая к критической



Методы мониторинга и диагностики

Подходы к решению диагностических задач

а) диагностика после обнаружения изменений вибрационного состояния машины средствами мониторинга с целью является интерпретация этих изменений

б) использовании тех методов и средств диагностики, которые обнаруживают основные виды дефектов на этапе их зарождения еще до того, как произойдут существенные энергетические изменения в сигнале вибрации машины в целом

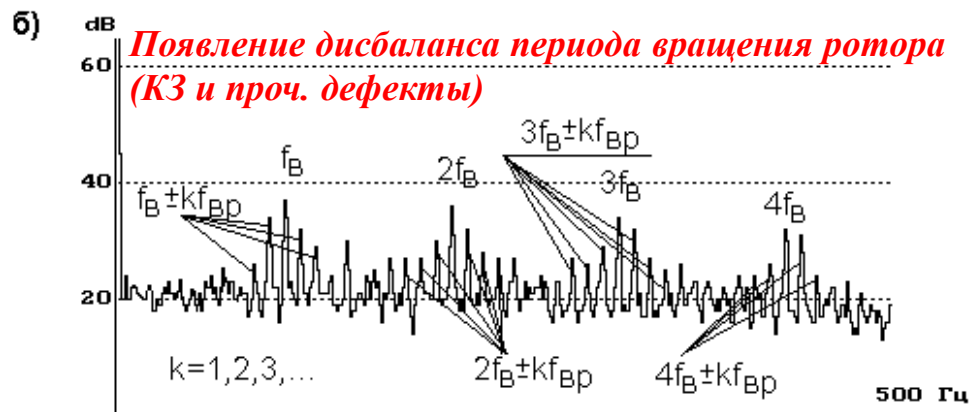
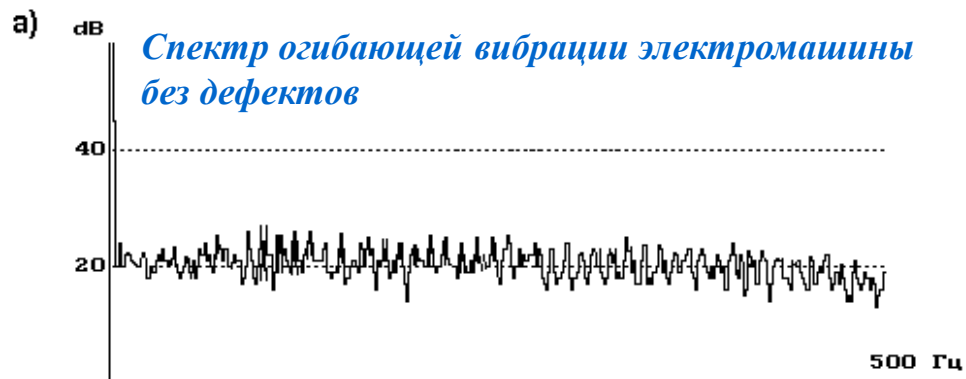
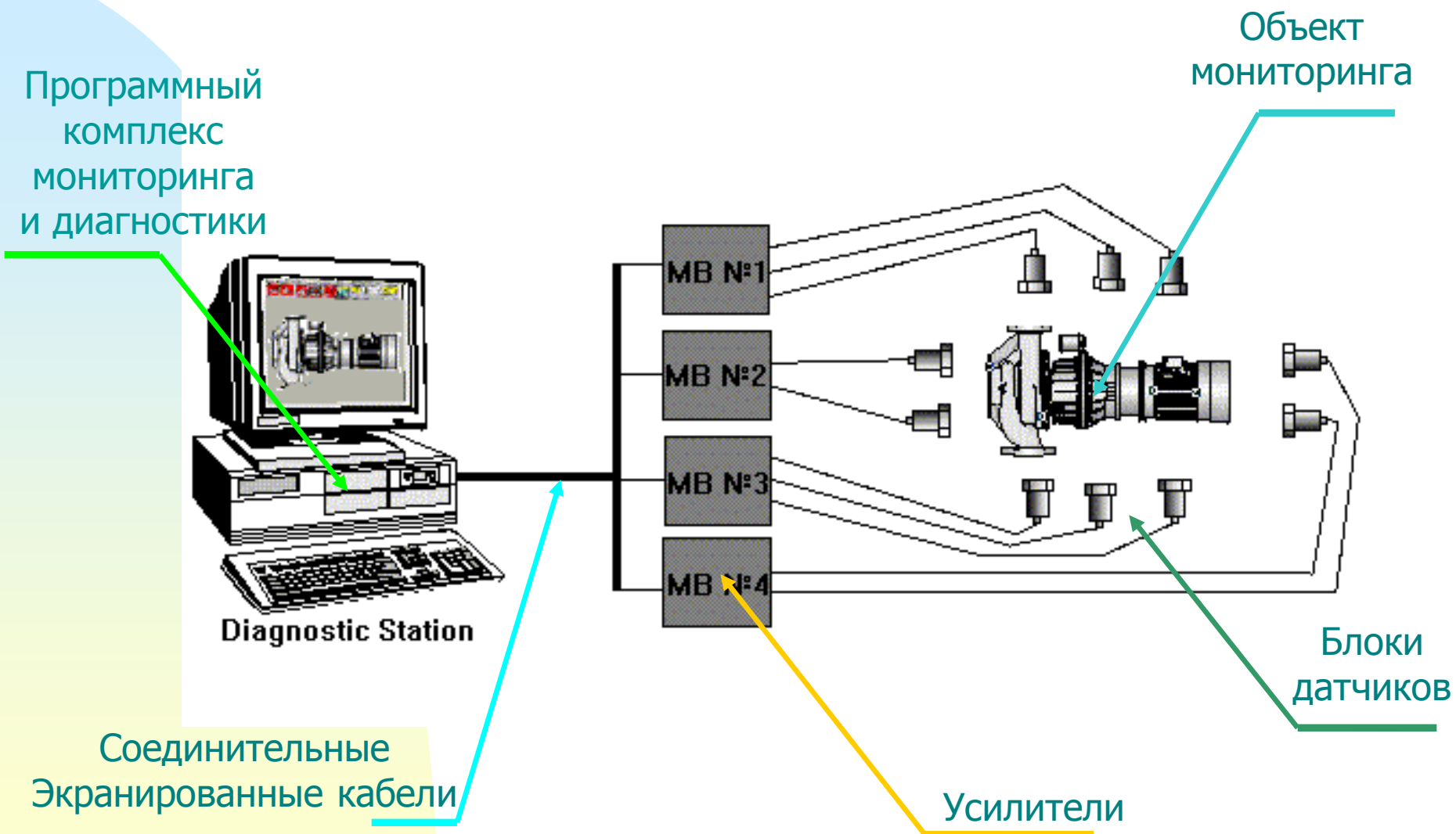


Схема экспериментальной установки мониторинга и диагностики электрической машины



Экспериментальная установка

Программный
комплекс мониторинга
и диагностики

Аналоговые
регистраторы

Объект мониторинга и
блок датчиков

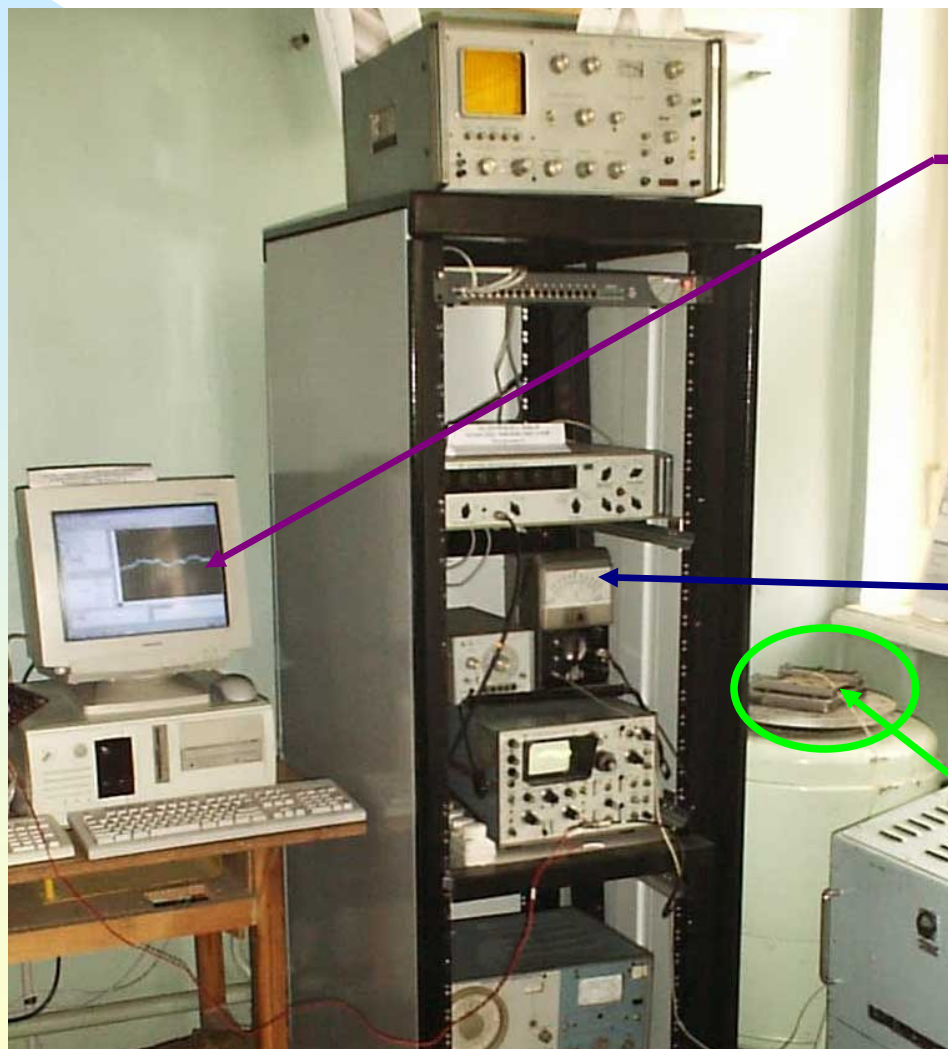
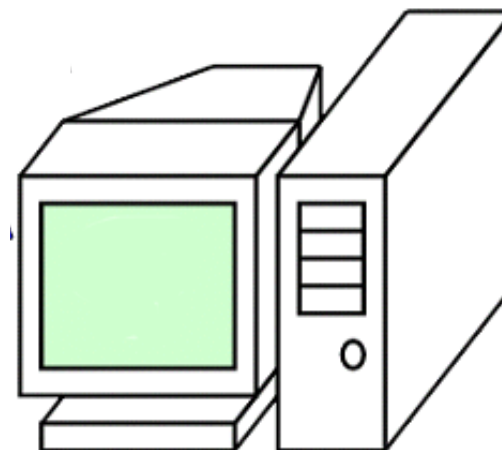


Схема экспериментальной установки мониторинга и диагностики электрической машины

Пользовательский интерфейс	Удобство и простота работы и настройки, интуитивно понятный интерфейс с окна Microsoft Windows 2000.
Программная часть	Модульность, универсальность, использование COM технологий, среда разработки Microsoft Visual.
Аппаратная часть	<div><div>IBM PC</div><div>Intel Pentium II 350 MHz</div><div><div>Плата сбора данных</div><div>RAM 128 MBt HDD 6,4 GBt</div></div></div>

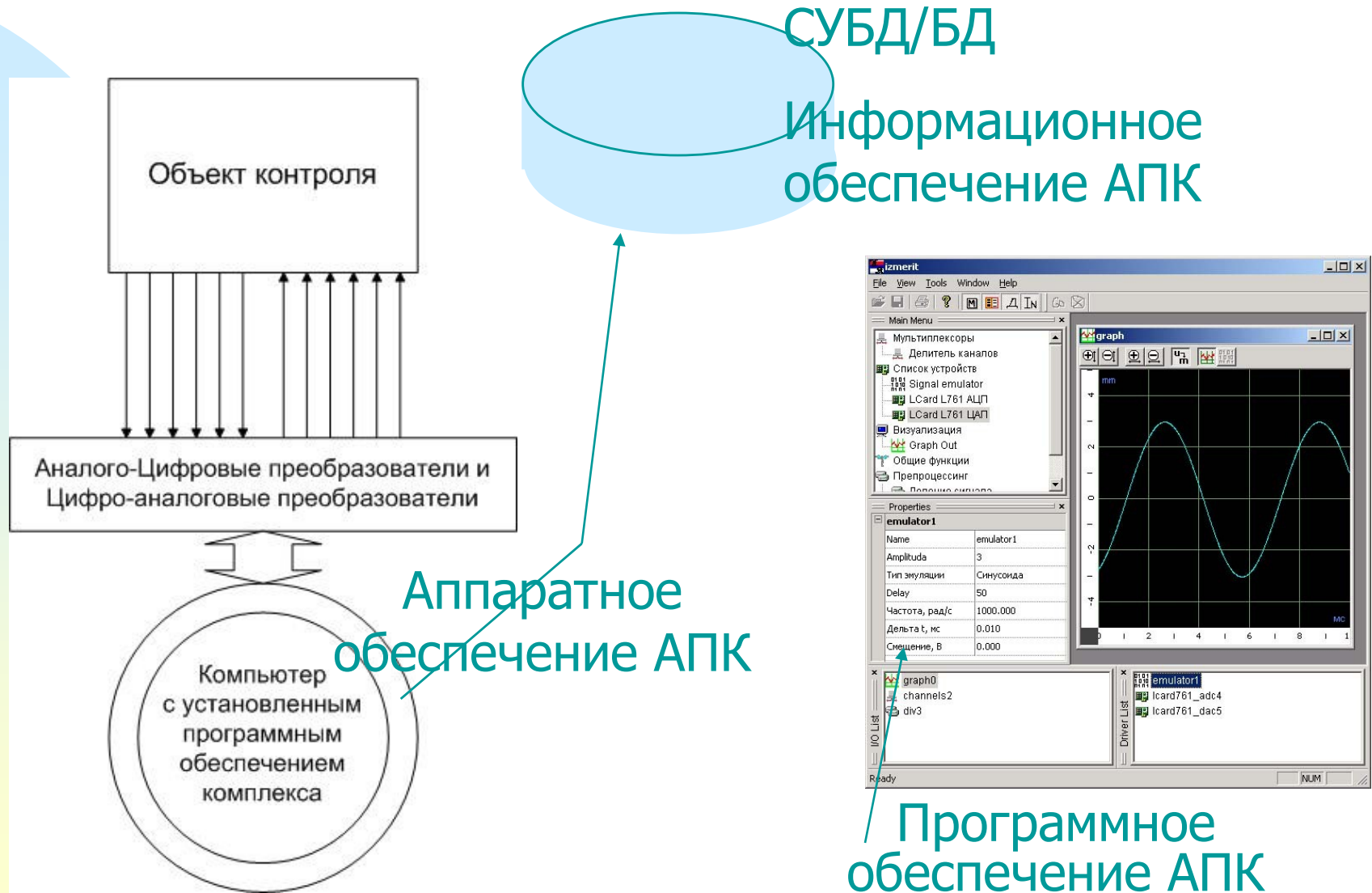
Отчет о результатах испытаний



Блок датчиков

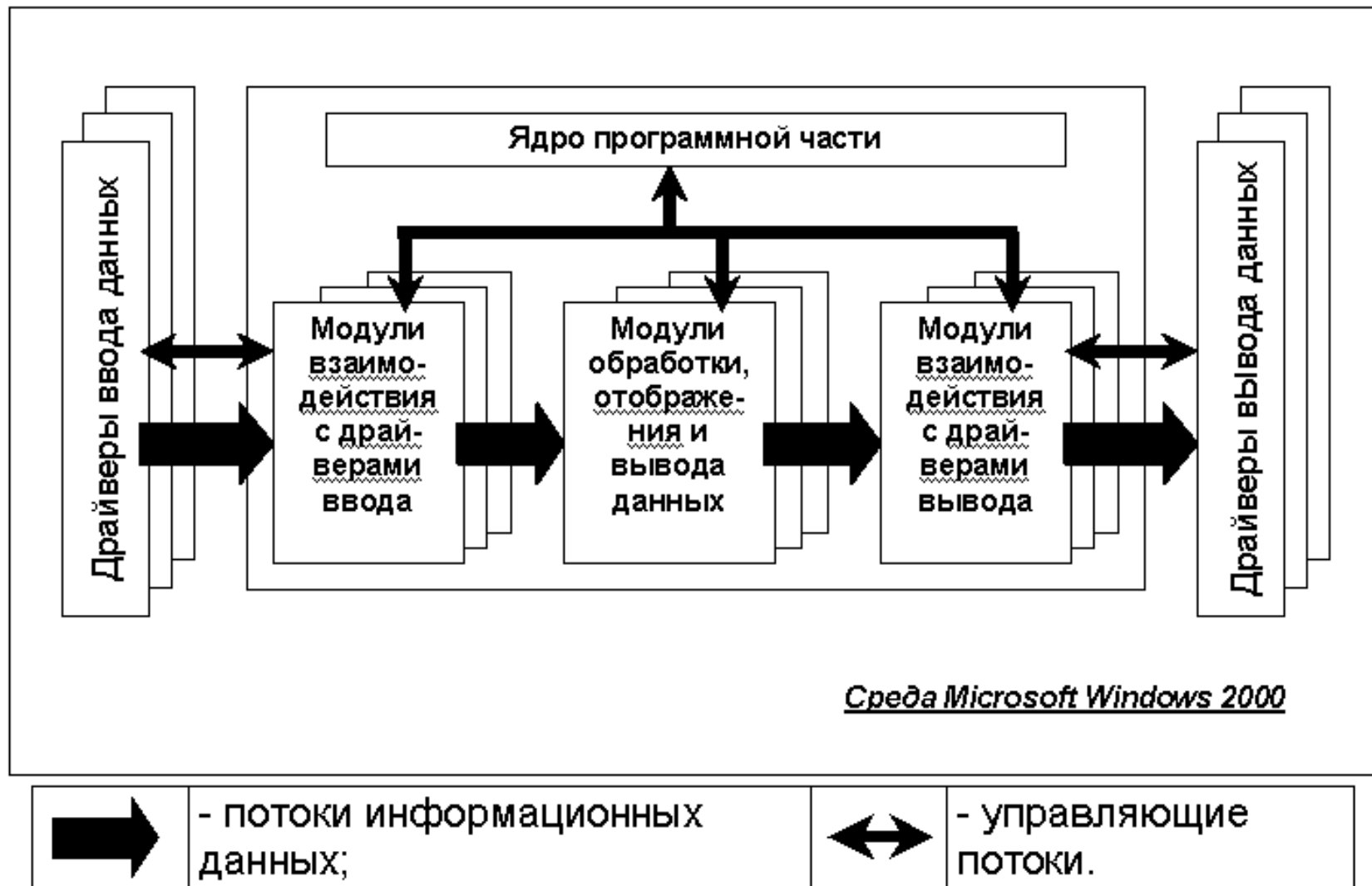
Объект

Структурная схема комплекса мониторинга и диагностики



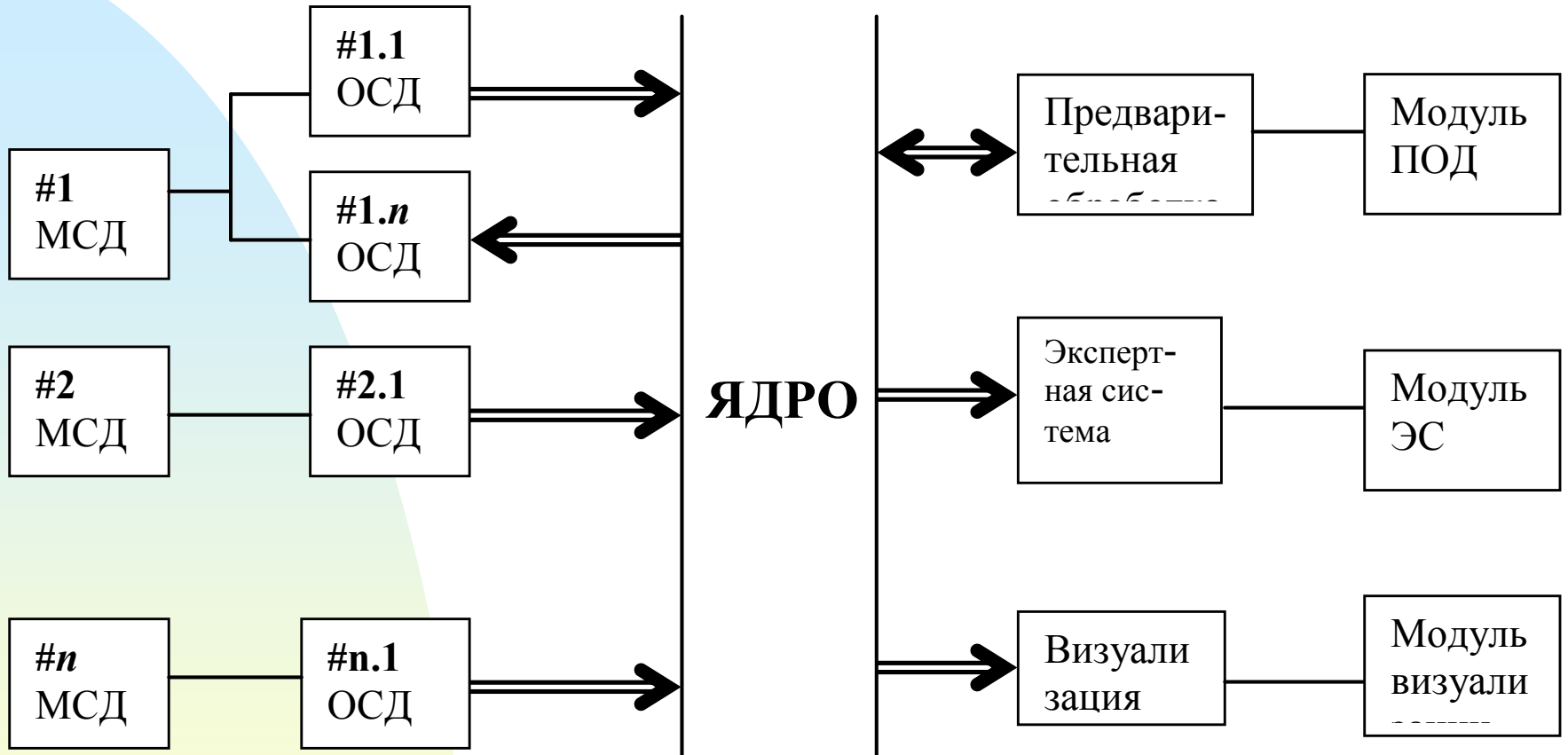
Программная подсистема

Функциональная схема ПО



Программная подсистема

Модульная модель ПО



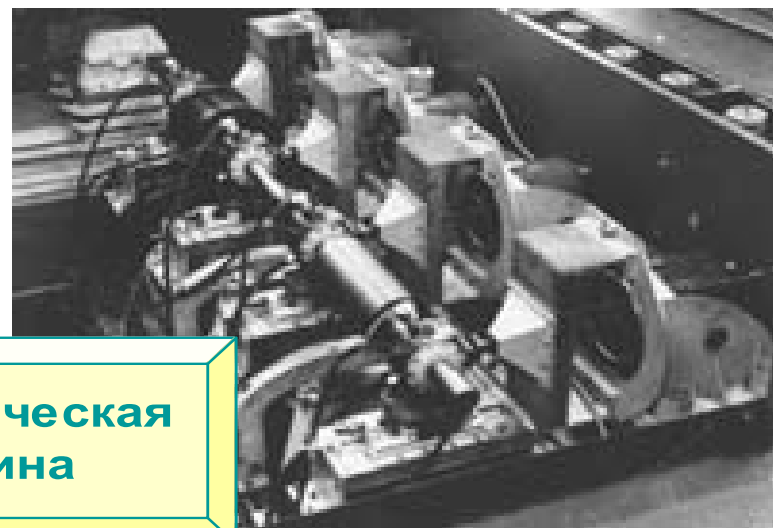
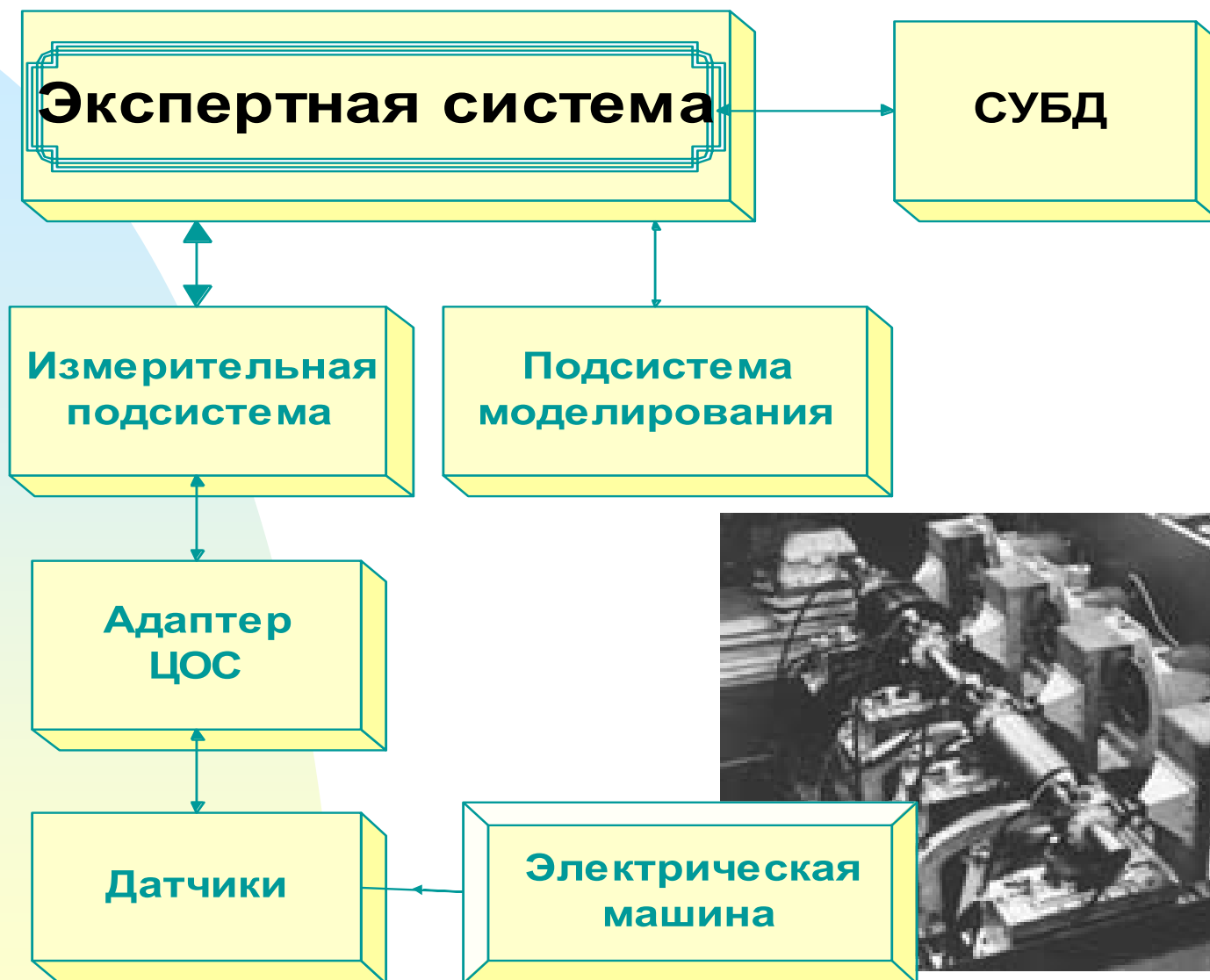
Пояснение:

МСД – модуль сбора данных;

ОСД – объект сбора данных;

ЯДРО – «сердце» АПК, осуществляющее взаимодействие всех частей комплекса.

Принцип работы АПК анализа по вибрации

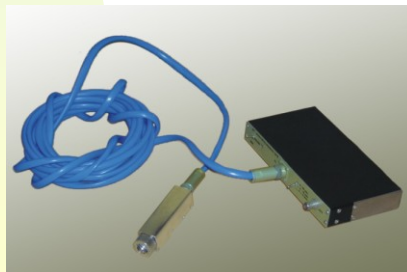


Аппаратная подсистема

Датчики вибрации

Таблица 1. Сравнительные характеристики виброизмерительных систем

Название	Производитель	Диапазон измерения, Гц	Виброскорости, мм/с	Тип	Цена, \$
Vibro Vision	ООО «Вибро-Центр»	10 000	100	Аналоговый	560
Лазерный виброметр LV-2	ООО «ЛАЗЕРНАЯ ТЕХНИКА»		200	Аналоговый	3000
Викинг-2	ООО «Аурис»	0.1 - 23000		Программно-аппаратный	10000
Атлант-8	ООО «Вибро-Центр»	5 - 5000		Программно-аппаратный	7200
Корсар+	ООО «Вибро-Центр»	10 - 1000	0,3 - 100	Программно-аппаратный	1200
Диана-С	ООО «Вибро-Центр»	1000		Программно-аппаратный	2000

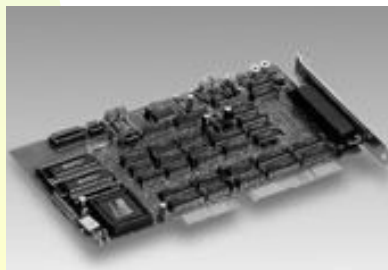
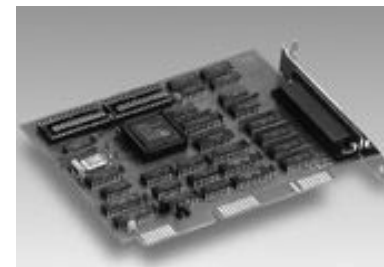


Аппаратная подсистема

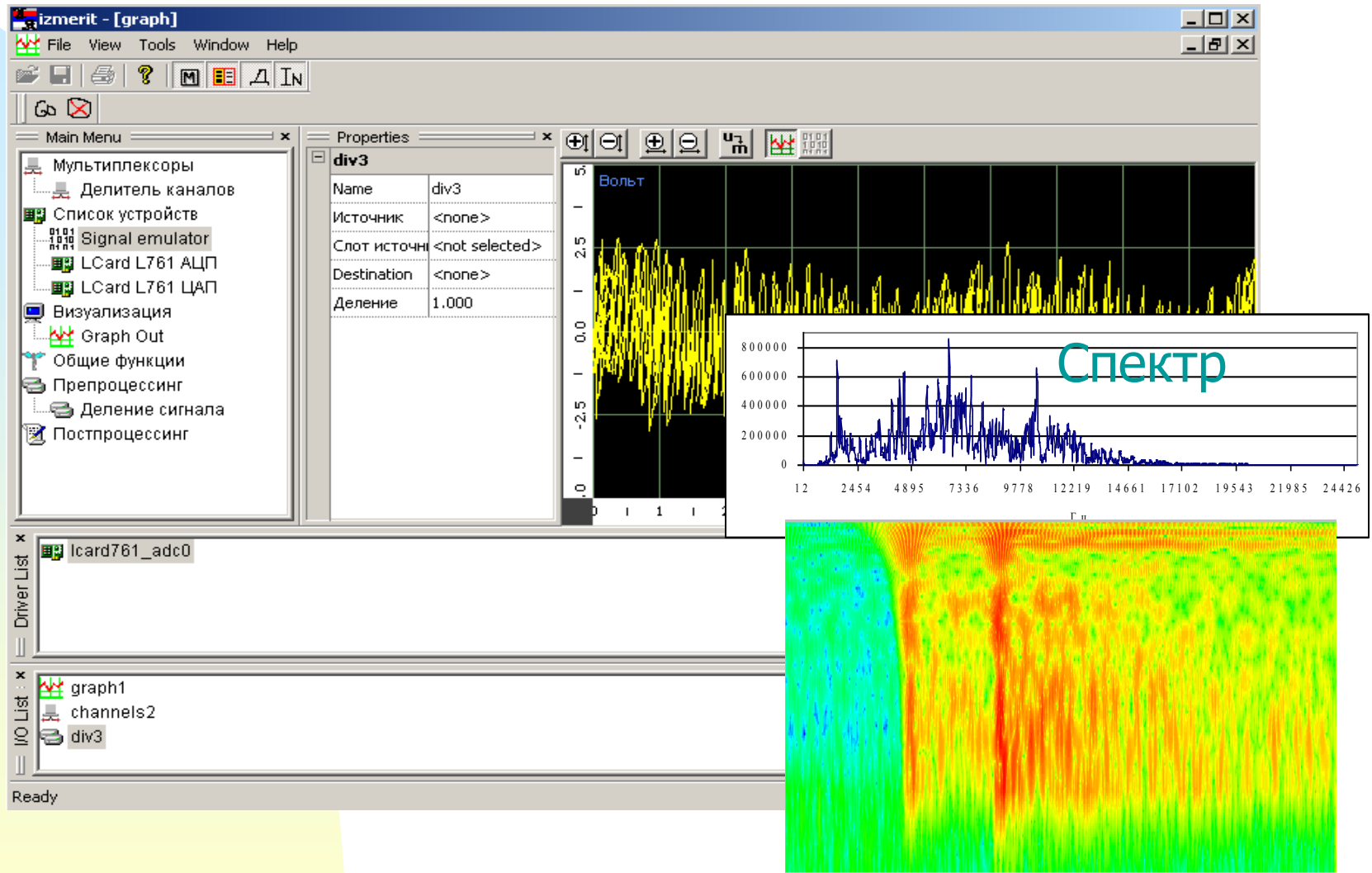
Аналого-цифровые преобразователи, цифро-аналоговые преобразователи

Таблица 1. Сравнительные характеристики АЦП/ЦАП плат расширения

Имя производителя	Название платы	Установленный DSP	Число каналов	Разрядность АЦП	Частота оцифровки, кГц	Цена, \$
ЗАО «Л-Кард»	L-154	без DSP	32/16 диф	12	до 70	135
ЗАО «Л-Кард»	L-761	ADSP-2185	32/16 диф	14	до 125	390
ЗАО «Л-Кард»	L-780	ADSP-2185	32/16 диф	14	до 400	390
ЗАО «Л-Кард»	L-783	ADSP-2186	32/16 диф	12	до 3000	430
ЗАО «Л-Кард»	L-1450	без DSP	32/12 диф	14	до 400	280
ЗАО «Руднев-Шиляев»	ЛА-70	без DSP	16/8 диф	12	до 14	95
ЗАО «Руднев-Шиляев»	ЛА-7*	без DSP	16/8 диф	16	до 142	400
ЗАО «Руднев-Шиляев»	ЛА-2М5	без DSP	16/8 диф	12	до 500	250



Программная подсистема



Вейвлет образ

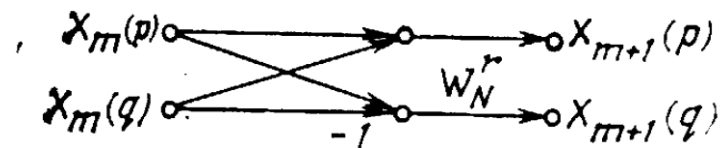
Математическое обеспечение

■ Быстрое преобразование Фурье

$$\left. \begin{aligned} X(2k) &= \sum_{n=0}^{\frac{N}{2}-1} (x_1(nT) + x_2(nT)) W_{\frac{N}{2}}^{nk} \\ X(2k+1) &= \sum_{n=0}^{\frac{N}{2}-1} (x_1(nT) + x_2(nT)) W_N^n W_{\frac{N}{2}}^{nk} \end{aligned} \right\}$$

алгоритм с прореживанием по частоте с основанием 2

$$\left. \begin{aligned} X_{m+1}(p) &= X_m(p) + X_m(q) \\ X_{m+1}(q) &= (X_m(p) - X_m(q)) W_N^r \end{aligned} \right\}$$



■ Одноканальные методы оценки спектральной плотности мощности

а) Оценивание автокорреляции и взаимной корреляции

б) Коррелограммный метод оценки СПМ $P_{xx}(f) = T \sum_{m=-\infty}^{\infty} r_{xx}[m] \exp(-j2\pi fmT)$

в) Периодограммный метод оценки СПМ

Математическое обеспечение

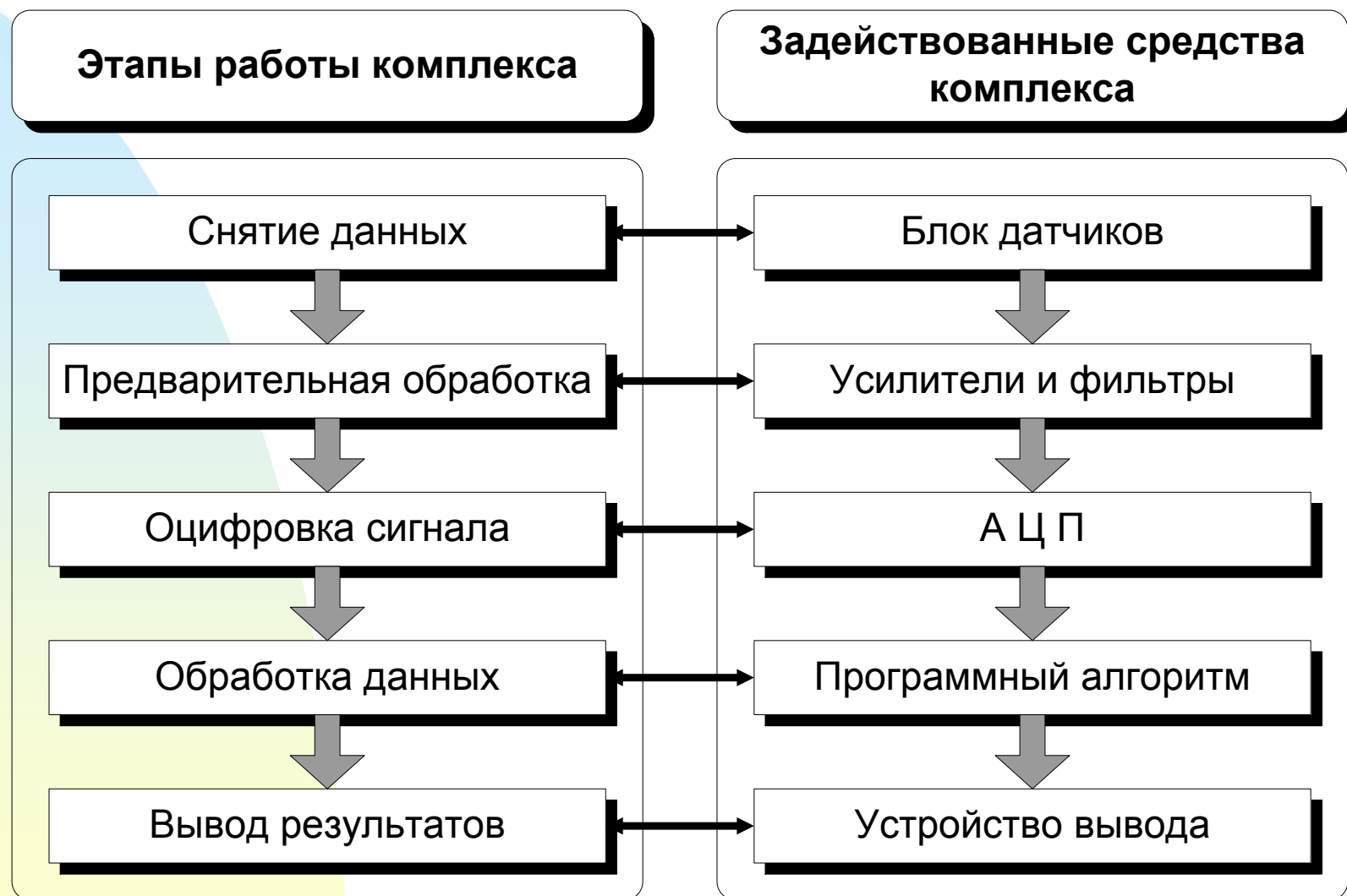
■ Многоканальные алгоритмы спектрального оценивания

Задачей многоканального спектрального анализа данных в m каналах является оценивание матрицы спектральной плотности мощности

$$P(f) = \begin{pmatrix} P_{11}(f) & \dots & P_{1m}(f) \\ \dots & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots \\ P_{m1}(f) & \dots & P_{mm}(f) \end{pmatrix}$$

- а) многоканальный периодограммный метод
- б) многоканальный авторегрессионный метод

Обобщенная структура АПК



Программное обеспечение

Реализация модульной структуры

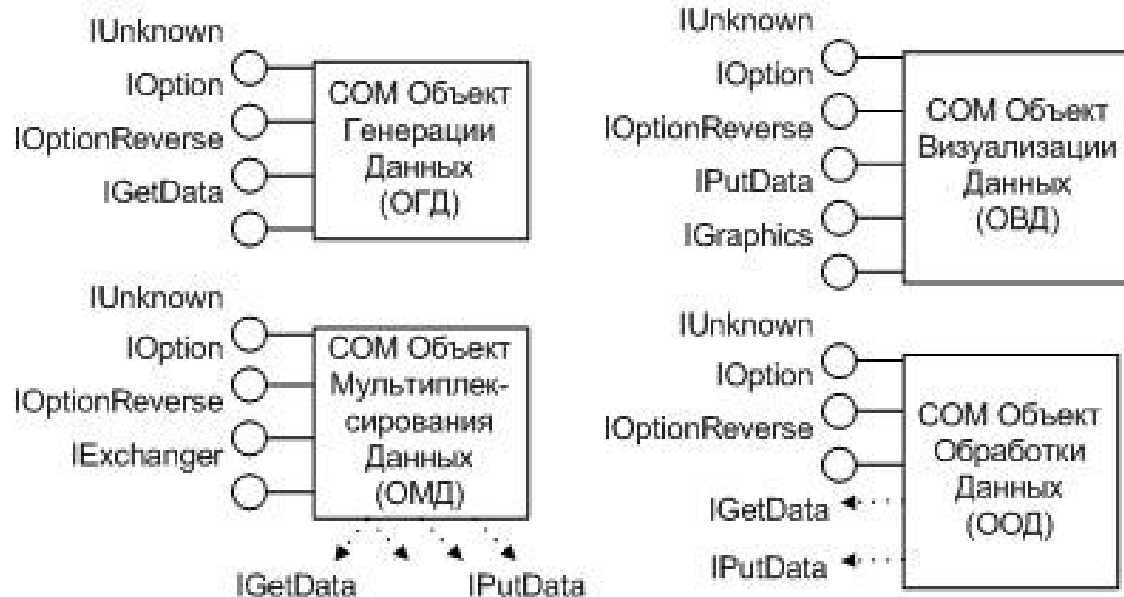
- IUnknown
- IOption
- IOptionReverse

■ IGetData

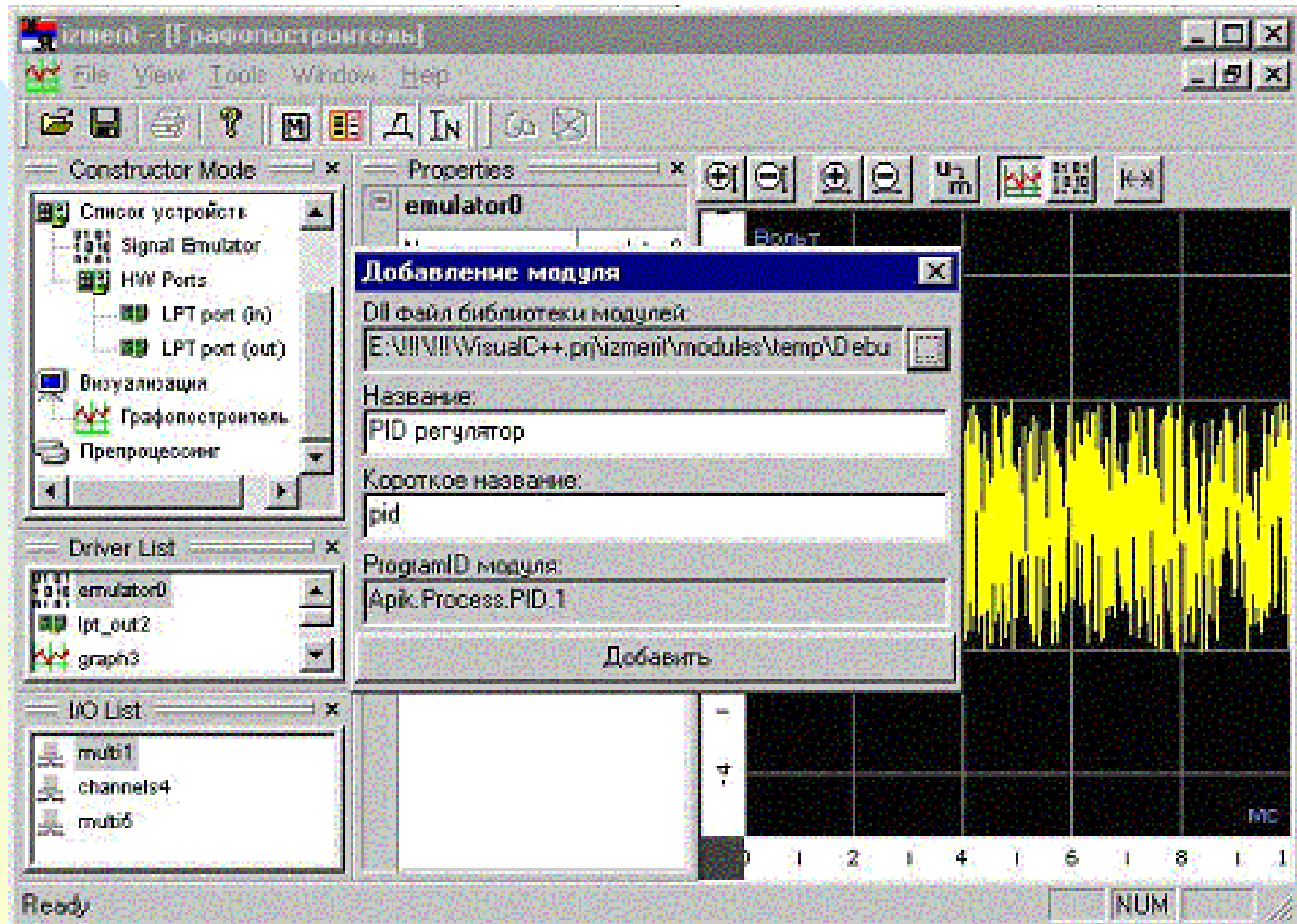
■ IPutData

■ IExchanger

■ IGraphics



Программное обеспечение Расширяемость



ВЫВОДЫ:

- Исследованы и классифицированы методы вибрационного анализа и диагностики конструктивных элементов электрических машин.
- Разработан масштабируемые программно-аппаратный комплекс;
- Создан набор библиотек для построения комплекса мониторинга и диагностики электрических машин

Дальнейшее развитие работ

- На основе результатов экспериментов создать БД видов неисправностей и отказов;
- Разработать БД для учета и регистрации неисправностей;
- Разработать экспертную систему по мониторингу диагностике неисправностей электрических машин.