



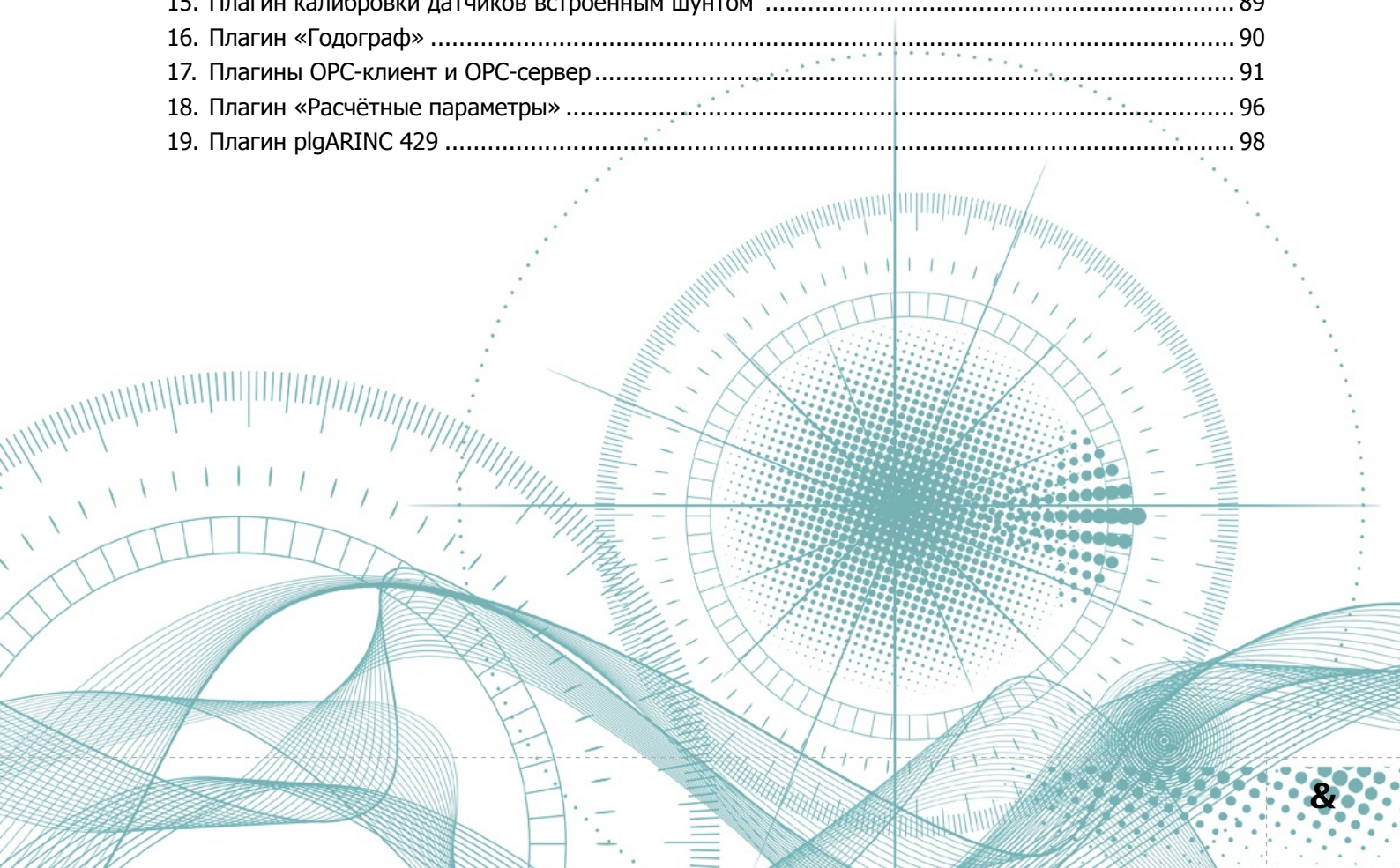
# Программное обеспечение для промышленных измерений

# Программное обеспечение для промышленных измерений

## Содержание

---

Введение .....	3
Семейство программных продуктов НПП «МЕРА».....	4
1. Recorder – инструментарий для создания стендовых измерительных систем.....	6
2. MR-300 – регистрация и экспресс-анализ динамических процессов в темпе эксперимента .....	10
3. WinПОС – пакет послеэкспериментальной обработки измерительной информации .....	14
4. ТМ Регистратор – прием и обработка телеметрической информации.....	22
5. Плагины «Виброизмерения» в составе ПО Recorder и WinПОС.....	25
6. Алгоритм обработки сигналов «Ударный спектр» в ПО WinПОС Expert .....	35
7. Комплекс программ проведения наземных частотных испытаний летательных аппаратов и испытаний моделей в аэродинамических трубах.....	41
8. Специализированное ПО управления теплопрочностными и повторно-статическими испытаниями .....	53
9. Специализированное ПО управления тепловакуумными испытаниями.....	55
10. ПО программно-аппаратного комплекса проверки бортовых систем измерений.....	56
11. ПО пультов управления испытаниями и инициирования пиротехнических средств .....	59
12. ПО «Тензостатика».....	68
13. ПО автоматизированных информационно-измерительных систем испытательных стендов.....	77
14. База данных испытаний. Комплексное решение по управлению испытаниями, сбору и обработке данных.....	82
15. Плагин калибровки датчиков встроенным шунтом .....	89
16. Плагин «Годограф» .....	90
17. Плагины OPC-клиент и OPC-сервер.....	91
18. Плагин «Расчётные параметры» .....	96
19. Плагин plgARINC 429 .....	98



# Введение

---

НПП «МЕРА» производит широкий ассортимент систем измерений и управления испытаниями сложного технического оборудования. Основными аппаратными средствами вышеупомянутых систем являются модульные измерительные комплексы МИС. Данные комплексы предназначены для сбора, преобразования, регистрации, обработки, передачи и представления информации датчиков и измерительных преобразователей в элементах систем контроля и управления производственными и технологическими процессами.

Комплексы МИС комплектуются функциональными модулями и программным обеспечением (ПО) Recorder, MR-300, WinПОС, а также дополнительно разрабатываемым специализированным ПО, которые обеспечивают проведение различных видов комплексных испытаний технических изделий любой сложности (двигатели, турбоагрегаты, транспортные средства, узлы и агрегаты летательных аппаратов и ракетной техники и т. п.).

Использование основного ПО (Recorder, WinПОС) предполагает проведение обработки результатов измерений после завершения измерений. Поскольку испытания различной специализированной техники требуют применения специальных программных решений по настройке (конфигурированию) измерительных каналов, использованию специфических алгоритмов сбора и обработки результатов измерений, а также выдачи управляющих команд на исполнительные механизмы испытательного оборудования – нами разработано большое количество дополнительных программ для этих целей.

Применение дополнительных программных модулей (далее – плагины) позволяет производить оперативный анализ данных, поступающих в процессе проведения испытаний, выявлять ошибки, дефекты изделий, оперативно производить перенастройку измерительной системы и, при необходимости, своевременно останавливать процесс испытаний. Плагины обеспечивают сохранение и поэтапную обработку конфигурации измерительной системы, истории проведения эксперимента и полученных данных. Благодаря этому существенно сокращается общее время проведения испытаний и повышается достоверность получаемых результатов.

Комплексы программных средств систем измерений и управления испытаниями гарантируют:

- высокую точность измерений;
- управление воздействующим оборудованием стенда в реальном масштабе времени;
- лёгкую конфигурируемость и простоту модернизации;
- высокую степень автоматизации процесса испытаний;
- координированность всех подсистем;
- надёжность регистрации и хранения зарегистрированной информации;
- возможностью ручного вмешательства в процесс испытания.

Программные продукты НПП «МЕРА» просты в освоении и эксплуатации, имеют удобный пользовательский интерфейс, работают под управлением наиболее распространённой операционной системы Windows.

НПП «МЕРА» создало большое количество специализированных плагинов для проведения разнообразных испытаний (например, плагины «Снятие контрольных точек», «Поддержка погодных станций», «Поддержка ГЛОНАСС/GPS» и т. п.). В настоящем сборнике представлены описания наиболее востребованных решений, дополняющих вычислительную базу наших основных программных продуктов: Recorder, MR-300 и WinПОС. Помимо этого в сборнике содержится описание универсального комплексного решения для организации регистрации, хранения и получения больших объемов данных на предприятиях, осуществляющих многочисленные измерения при испытаниях сложных технических устройств (База данных испытаний).

## Семейство программных продуктов НПП «МЕРА»

**Физический уровень.**  
**«Жесткое» реальное время.**



RealTime система ввода-вывода.  
Синхронный сбор данных.  
Реализовано программно-аппаратно на ПЛИС/цифровом процессоре (измерительный модуль).

**Прикладной уровень.**  
**Регистрация, оперативный контроль.**



Сбор, обработка и отображение данных в темпе эксперимента.  
Реализуется средствами **Recorder** и **MR-300**.

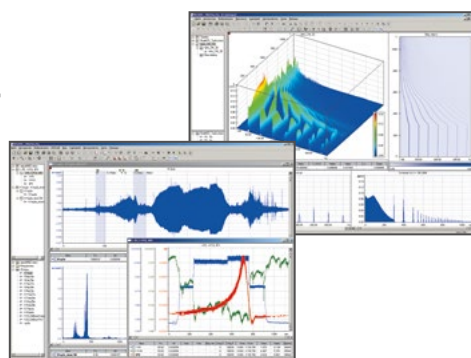
**Прикладной уровень.**  
**Хранение данных.**



База данных испытаний и результатов обработки.  
Реализуется средствами **MR-300, Recorder** и **WinПОС**.

- Авторизованный и ограниченный доступ
- Быстрый поиск данных
- Единый формат данных

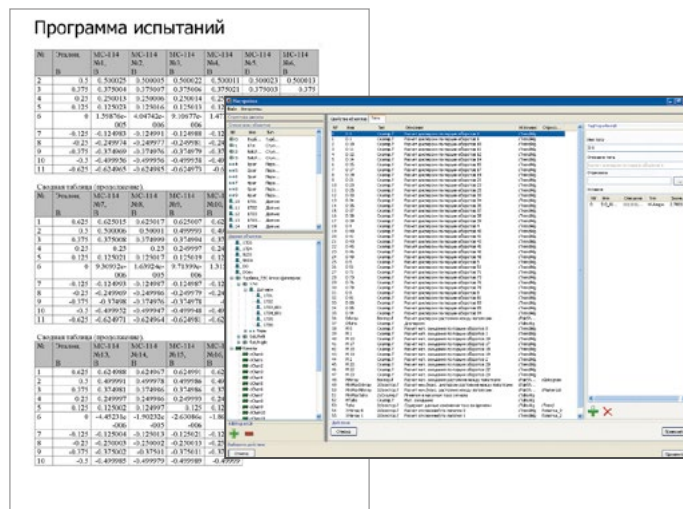
**Прикладной уровень.**  
**Углубленный послеэкспериментальный анализ.**



Послеэкспериментальная математическая обработка данных.  
Создание отчетов.  
Реализуется средствами **WinПОС**.

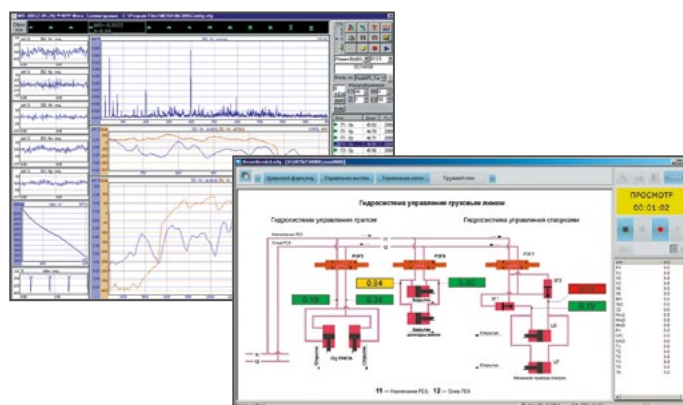
## Подготовка сеанса испытаний

- Подготовка сценария для предстоящего испытания (измерения, обработки и отображения);
- Единый способ настройки для всей системы;
- Простое повторное использование созданных ранее настроек;
- Автоматизированная калибровка, проверка измерительных каналов;
- Самотестирование измерительных модулей и устройств.



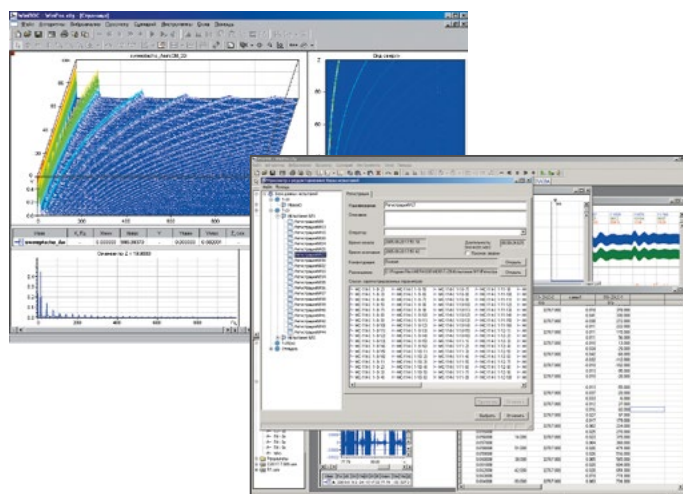
## Проведение испытаний

- Надежное измерение и регистрация непрерывного потока данных;
- Оперативная обработка набором математических функций;
- Отображение измеряемых и обработанных данных в формате, удобном для оператора;
- Управление;
- Контроль предельных значений параметров (аварийный контроль).



## Обработка и анализ данных испытаний

- Упорядоченное хранение данных;
- Поиск данных испытаний и выборка по различным критериям;
- Эффективная совместная обработка большого объема информации;
- Полный набор функций математической обработки данных;
- Удобное представление результатов в виде графиков и таблиц;
- Формирование протоколов и отчетов;
- Автоматизация обработки с помощью сценариев.



## Recorder – инструментарий для создания стендовых измерительных систем

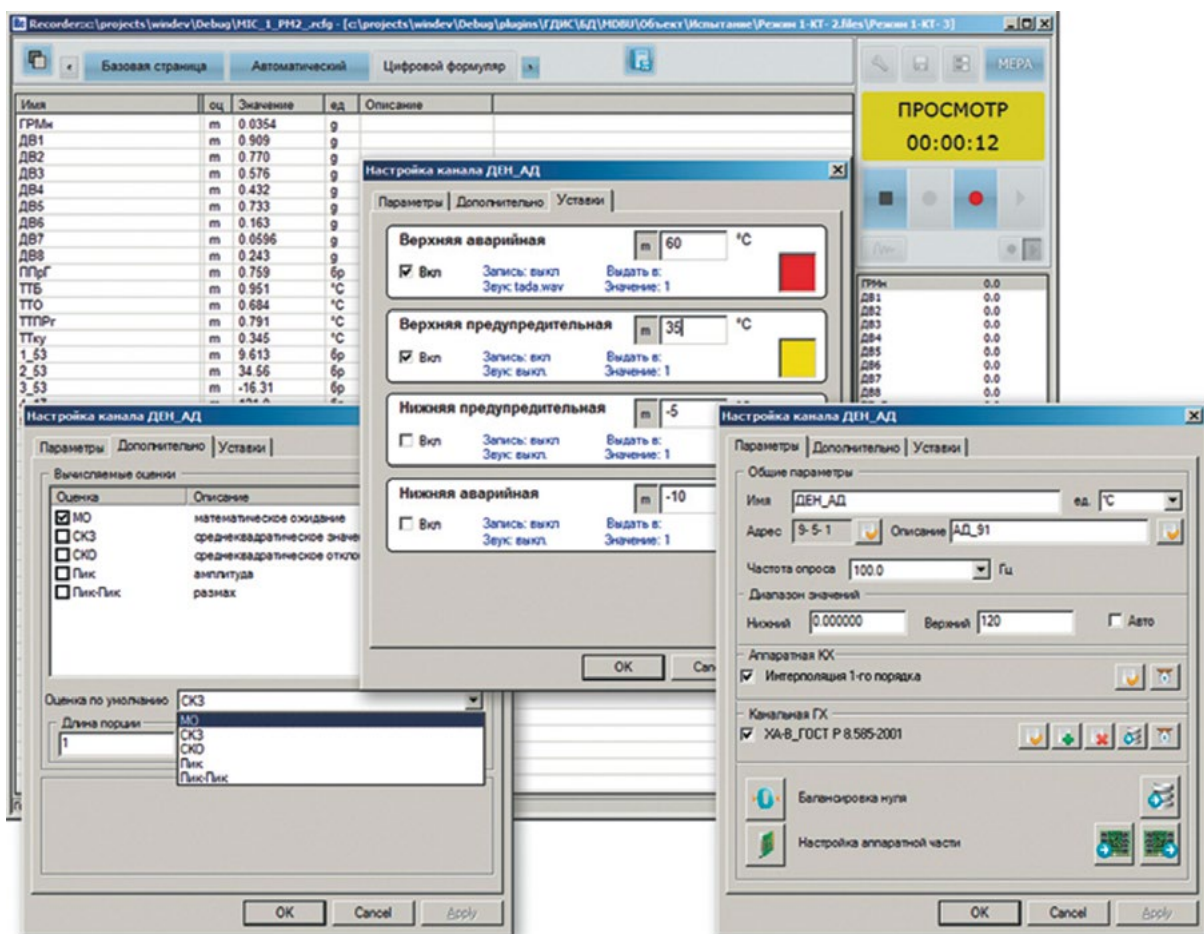


Рисунок 1.1

Удобное, надежное, универсальное программное обеспечение для управления работой измерительно-вычислительных комплексов МИС на базе различных стандартов (PXI, RXI, MC).

Recorder позволяет:

- управлять измерительными каналами, производить их настройку, диагностику;
- управлять процессами получения измеряемых данных и сохранения их в файлы;
- использовать базу данных градуировочных характеристик, выполнять процедуры градуировки, калибровки, поверки;
- отображать на экране измеряемые параметры в виде таблиц, осциллограмм, мнемосхем;
- подключать дополнительные библиотеки (плагины) для расширения функциональности;
- вводить уставки.

### Особенности

Recorder – открытое для пользователя программное обеспечение, позволяющее подключать специализированные плагины, расширяя функциональные возможности измерительной системы.

Входящий в состав стандартной поставки пакета набор плагинов позволяет:

- осуществлять в режиме реального времени компенсацию температуры холодного спая при проведении измерений температуры с помощью термопар;
- производить разложение сигнала в реальном времени в частотный спектр (используется алгоритм быстрого преобразования Фурье (БПФ));
- осуществлять запуск регистрации по временным параметрам.

### Функции ПО Recorder

- автоматическое определение конфигурации измерительного комплекса (идентификация установленных измерительных модулей);
- диагностика работы измерительных модулей;
- градуировка, калибровка измерительных каналов как комплекса МИС, так и всей измерительной цепочки «датчик – нормализатор сигнала – измерительный модуль»;
- проведение процедуры проверки измерительных каналов прибора;
- задание (настройка) режимов работы измерительного оборудования (диапазон измерения, частота дискретизации и т. д.);
- печать отчета о настройке;
- просмотр измеряемого сигнала в реальном масштабе времени в графическом (график, осциллограмма, гистограмма) и цифровом (табличном) представлении;
- регистрация измерительной информации;
- статистическая обработка результатов измерений;
- воспроизведение в режиме симуляции зарегистрированной ранее информации;
- создание и управление расчетными параметрами;
- аварийный контроль параметров;
- выполнение функций высокоуровневого интеллектуального драйвера для SCADA систем (OPC сервер);
- создание мнемосхем;
- получение данных из других систем (OPC клиент – возможность информационного обмена между LabVIEW® и измерительно-вычислительными комплексами МИС).

### Отображение данных

- возможность создания нескольких страниц формуляров;
- поддержка мнемосхем;
- стандартное отображение данных в виде осциллограмм, таблиц, трендов.

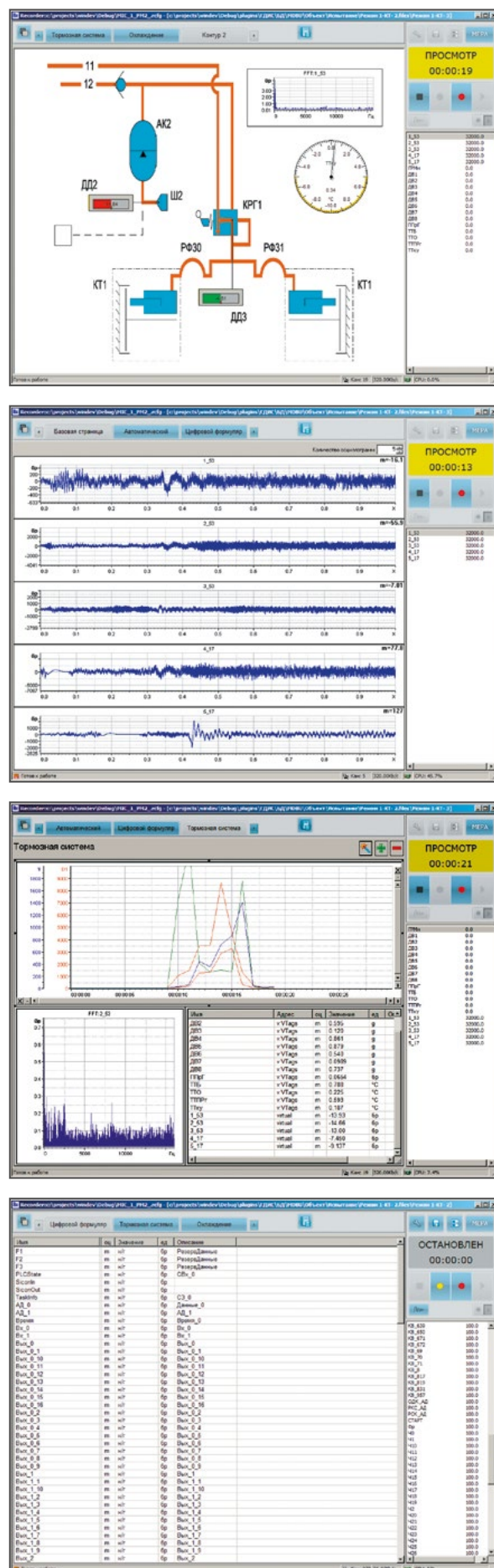


Рисунок 1.2

На рисунке 1.3 приведен пример реализации пользовательской формы для отображения параметров испытания и управления технологическим процессом.

### Пример отображения данных

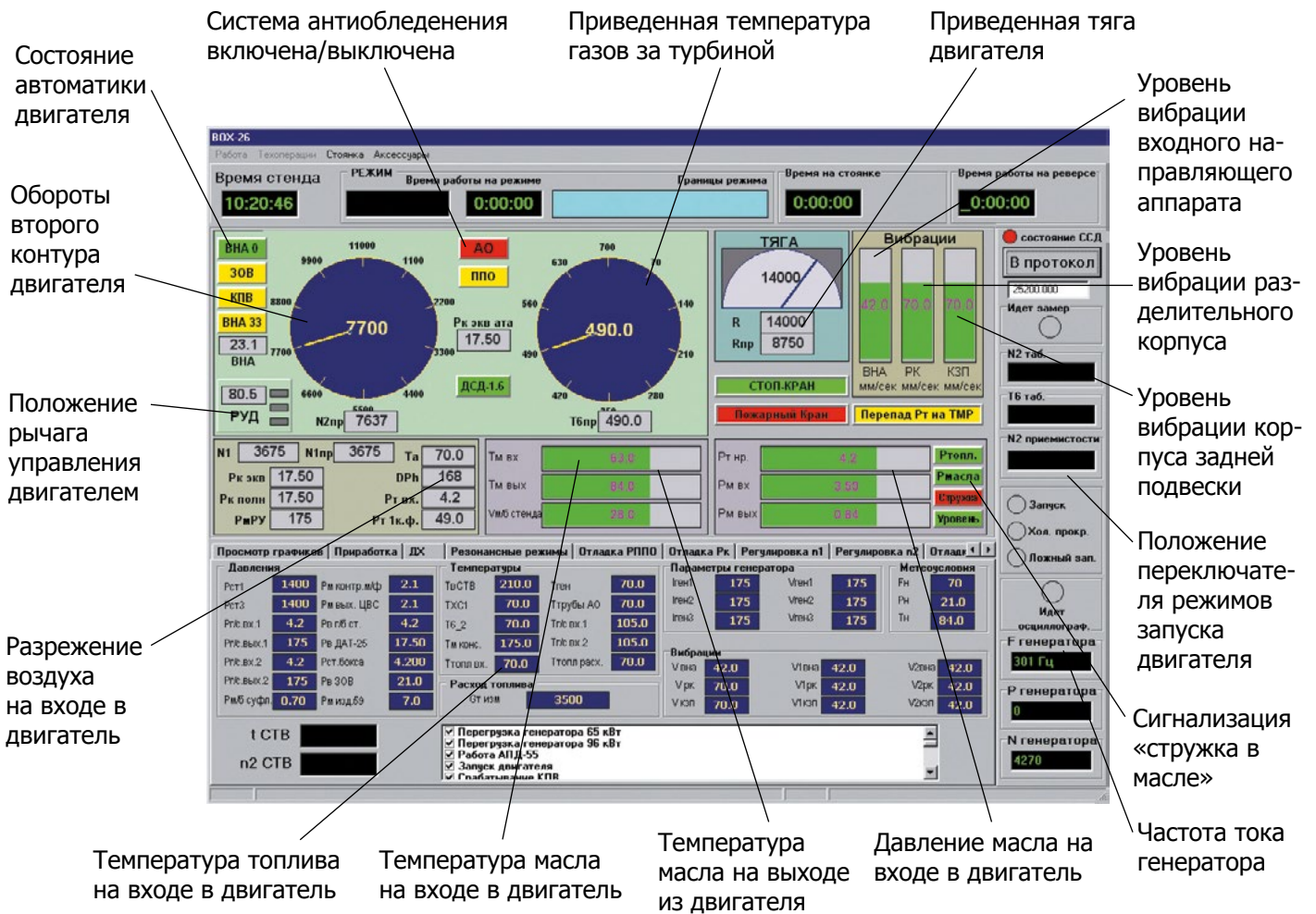


Рисунок 1.3. Пример созданного в Recorder формуляра отображения параметров испытания

Данная форма реализована с использованием открытых программных интерфейсов (Recorder API). Recorder API позволяет абстрагироваться от измерительного оборудования и работать с измерительными расчетными каналами (параметрами).

Все функции по работе и настройке аппаратных средств осуществляются посредством ПО Recorder.



## Дополнительные возможности

### База данных градуировочных характеристик

- управление набором градуировочных характеристик;
- организация в виде каталожной структуры;
- импорт/экспорт в различных форматах;
- легкий перенос между приборами; графический просмотр вида градуировочных характеристик;
- поддержка различных типов функций характеристик.

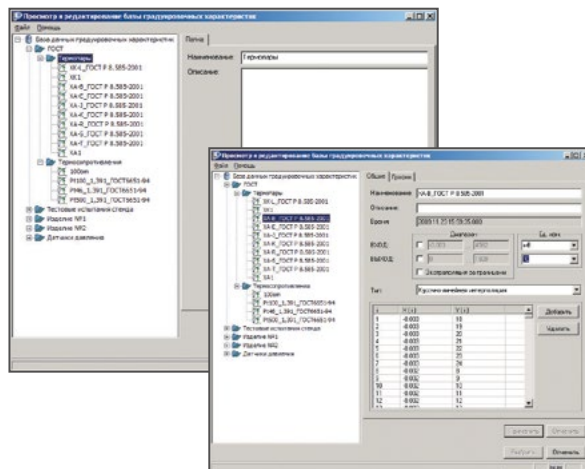


Рисунок 1.4. Окно «Просмотр и редактирование базы градуировочных характеристик»

### Расчетные параметры

- создание пользовательских параметров с использованием базовых арифметических операций;
- не требует квалификации программиста;
- возможность организации сложных многоуровневых условий;
- управление выходными аппаратными каналами при помощи простых математических выражений.

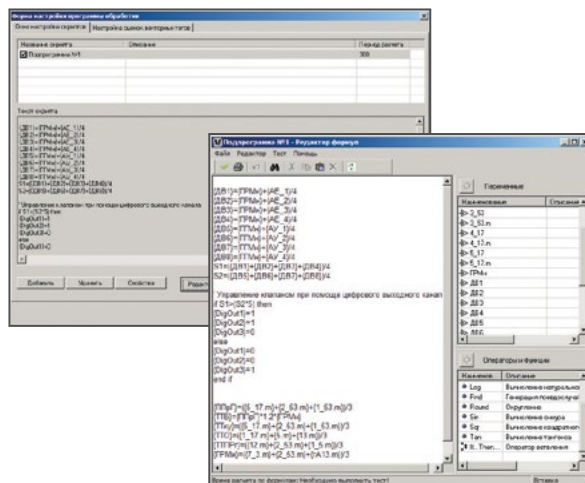


Рисунок 1.5. Программные формы настройки расчётных параметров

### Отчеты о настройке

- формирование подготовленного для печати отчета о текущих настройках системы;
- возможность включения всей информации о каналах, градуировочных характеристиках и дополнительной информации от пользовательских модулей;
- полный и сокращенный формат.

### Калибровка и поверка измерительных каналов

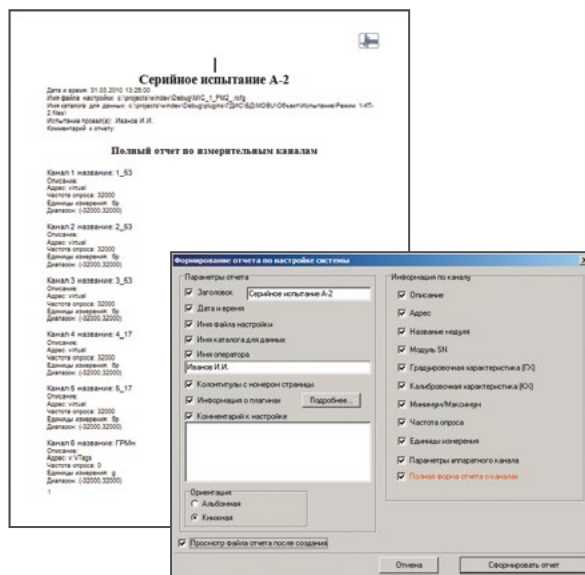


Рисунок 1.6. Окно «Формирование отчёта» и печатная форма отчёта испытания

## MR-300 – регистрация и экспресс-анализ динамических процессов в темпе эксперимента

MR-300 – программное обеспечение регистрации и экспресс-анализа динамических процессов в темпе эксперимента.

Программа предназначена для управления функционированием регистраторов-анализаторов параметров динамических процессов MIC-355M, MIC-300M, MIC-200M, MIC-550, MIC-250.

MR-300 позволяет:

- управлять измерительными каналами, производить их настройку, сохранять градуировочные характеристики;
- управлять процессами записи/воспроизведения;
- следить за измеряемыми параметрами, расчетными характеристиками, отображаемыми на мониторах операторской станции;
- сохранять весь поток измеряемых данных с точной привязкой по времени.

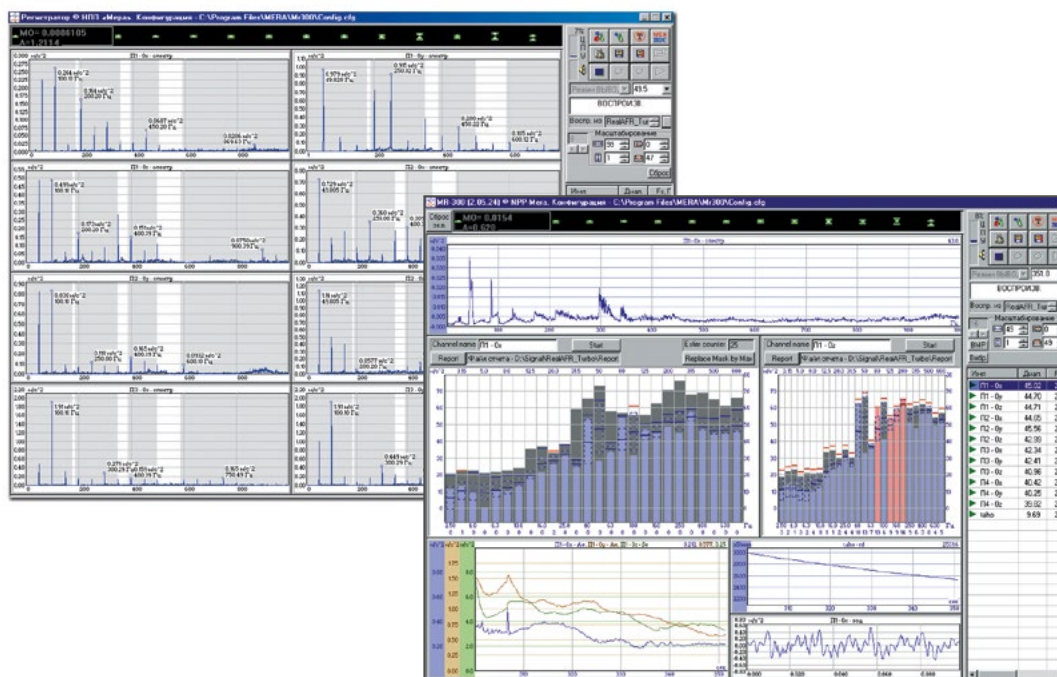


Рисунок 2.1

### Функции регистратора

Регистрация на жесткий диск, отображение в виде осциллограмм в режиме регистрации, запись и воспроизведение синхронного звукового сопровождения (по каналу, независимо от измерительных), воспроизведение записанных сигналов на аналоговые выходы прибора.

### Контроль уставок

Контроль значений измеряемых величин и преобразованных параметров, сравнение с предупредительными (аварийными) уставками для всех каналов. Извещение цветовой индикацией на графиках и добавление метки в файл замера при срабатывании уставки.

### Функции анализатора в темпе эксперимента

- расчет суммарных характеристик: СКЗ, размах, и т. п.;
- расчет узкополосного спектра;
- расчет 1/3-октавного спектра с контролем по маске;
- расчет амплитуды и фазы гармоник (АФЧХ), кратных роторной частоте;
- расчет частоты по тахосигналу;
- построение диаграммы Кэмпбелла;
- возможность одновременного отображения осциллограмм по всем задействованным каналам;
- обработка виброиспытаний: испытания на резонанс и синусоидальную вибрацию (АЧХ, ФЧХ), широкополосную вибрацию (ШСВ), построение спектра плотности мощности, испытания на удар.

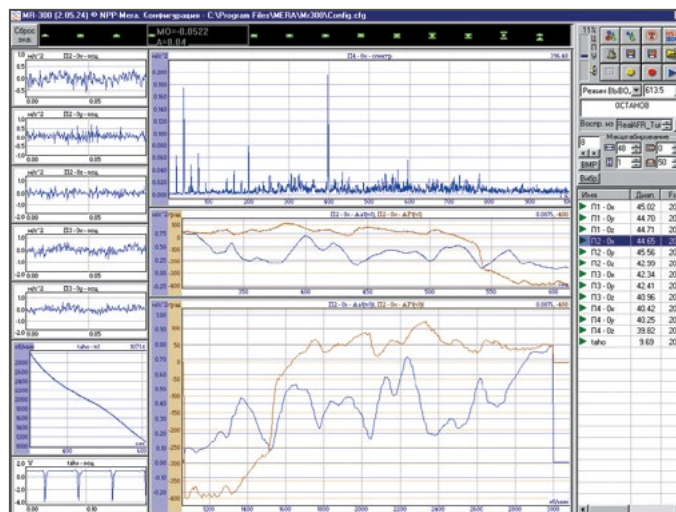


Рисунок 2.2

### Автоматизированное формирование отчета

Добавление текущего состояния изделия (по данным экспресс-анализа) в файл отчета по нажатию клавиши (по завершении испытания доступен отчет, содержащий подробную информацию о параметрах работы изделия на разных режимах и в контрольных точках). Сохранение в графический файл текущей страницы отображения с графиками, трендами и таблицами для последующего включения в отчет.

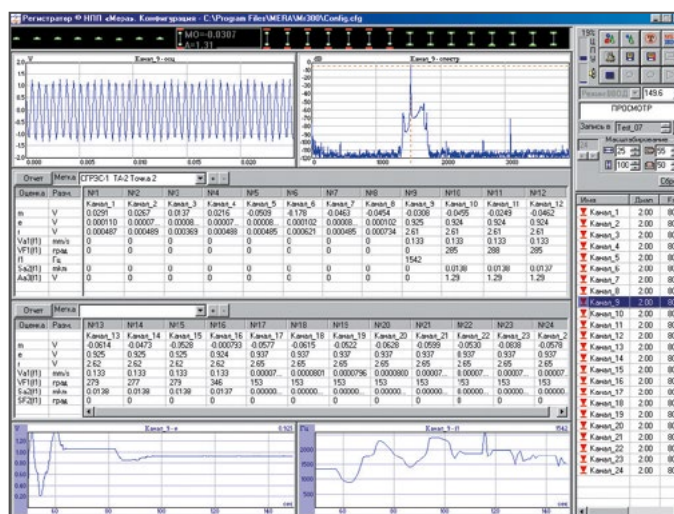


Рисунок 2.3

### Метрологическая поддержка

Калибровка, градуировка, балансировка аналоговых каналов.

### Пример страницы отображения для расчета АФЧХ



Рисунок 2.4. Пример страницы отображения для расчета АФЧХ

### Пример страницы отображения 1/3-октавных спектров



Рисунок 2.5. Пример страницы отображения 1/3-октавных спектров

Пример формуляра со сводными таблицами



Рисунок 2.6. Пример формуляра со сводными таблицами

Пример формуляра гармоник сигнала

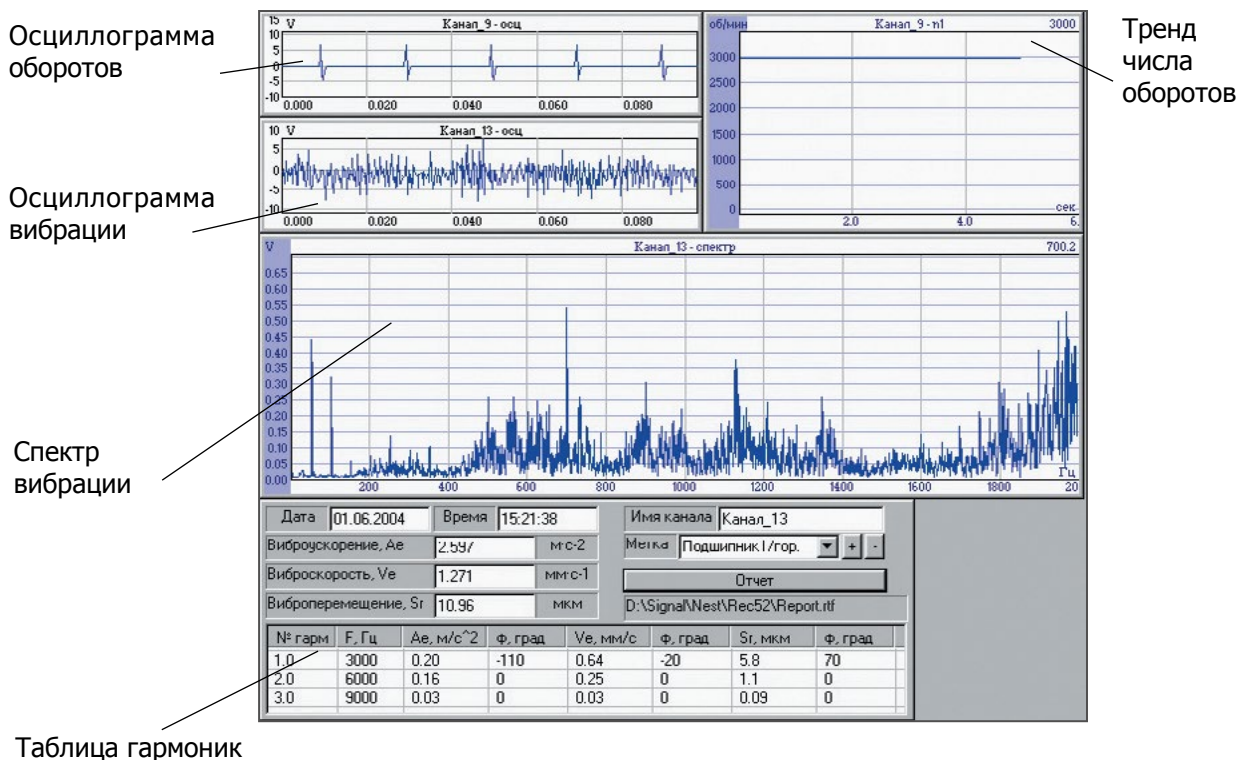


Рисунок 2.7. Пример формуляра гармоник сигнала

## WinПОС – пакет послеэкспериментальной обработки измерительной информации

WinПОС – пакет послеэкспериментальной обработки измерительной информации.

Профессиональный инструмент для исследования динамических и медленно меняющихся процессов, графического представления данных и оформления отчетов.

WinПОС предоставляет пользователю интерфейсы, с помощью которых можно создавать свои сценарии, подключаемые модули или приложения, работающие с данными и алгоритмами WinПОС, практически в любой современной среде программирования.

WinПОС поставляется в двух редакциях: Professional и Expert.

WinПОС Expert позволяет произвести анализ нестационарных, динамических процессов, в том числе и вибрационных.

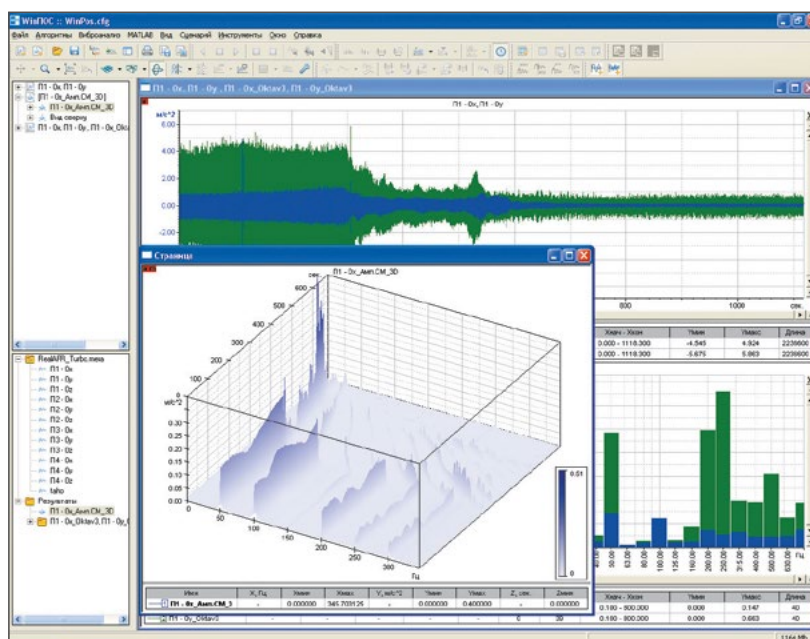


Рисунок 3.1. Рабочее окно WinПОС

### Особенности

- более 50 алгоритмов обработки сигналов;
- мощные средства построения и оформления графиков для документирования (двухмерные, трехмерные, параметрические, графики в полярных координатах) (см. Рисунки 3.8, 3.9);
- функции экспресс-отчета;
- пакетная обработка данных;
- обработка данных WAV и UFF форматов;
- редактирование сигналов;
- поддержка сценариев (встроенный редактор сценариев VBScript) и подключаемых модулей (интерфейсы, с помощью которых можно создавать свои подключаемые модули и приложения практически в любой современной среде программирования);
- возможность создания плагинов импорта-экспорта данных;
- табличный просмотр значений сигналов;
- неограниченная длина сигналов;
- интеграция с MATLAB™;
- может использоваться как распределенная «клиент-сервер» система послеэкспериментальной обработки данных;
- поддержка OS Windows XP/Vista/7;
- развернутая справочная система.

### Управление данными

- Состояние WinПОС можно сохранять и восстанавливать. Предусмотрено автоматическое сохранение при выходе и восстановление последнего сеанса при загрузке.
- Сигналы из разных источников можно просматривать в общей временной шкале благодаря обработке информации системы единого времени.
- Интеграция с базой данных испытаний (загрузка регистраций, выборки, создание записей).

### Алгоритмы обработки

- автоспектр:
  - амплитудный спектр, спектр мощности, спектр плотности мощности, спектр плотности энергии, модуль и фаза, Real и Image;
  - весовые окна Ханнинга, Блэкмана-Хэрри-са, FLAT-TOP, прямоугольное и треугольное;
  - выбор между быстрым и дискретным преобразованием Фурье;
  - размер порции быстрого преобразования Фурье от 32 до 1 048 576 точек;
- однооктавный, 1/3-октавный, 1/12- и 1/24-октавный спектры;
- трехмерный спектр;
- взаимный и комплексный спектры;
- передаточная функция;
- функция когерентности и некогерентности;
- преобразования спектра;
- рекурсивная и нерекурсивная фильтрация (см. Рисунок 3.10);
- медианная фильтрация;
- передискретизация;
- логарифмирование;
- интегрирование и дифференцирование;
- преобразование Гильберта;
- огибающая;
- нормирование и центрирование;
- арифметические операции;
- автокорреляция и взаимная корреляция;
- вероятностные характеристики;
- плотность распределения вероятности;
- диаграмма Кэмпбелла;
- порядковый анализ;
- вейвлетный анализ;
- расчет АФЧХ (см. Рисунок 3.11).

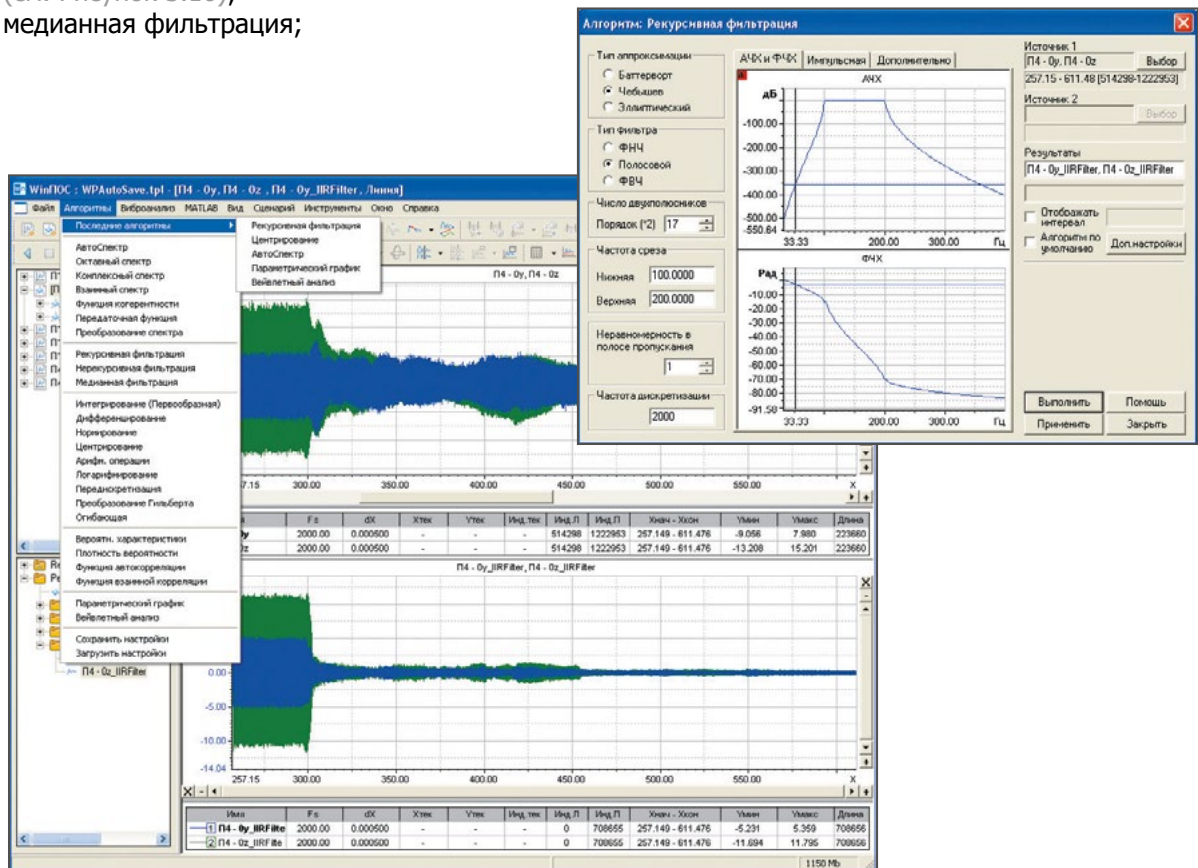


Рисунок 3.2. Пример выбора алгоритма обработки WinПОС

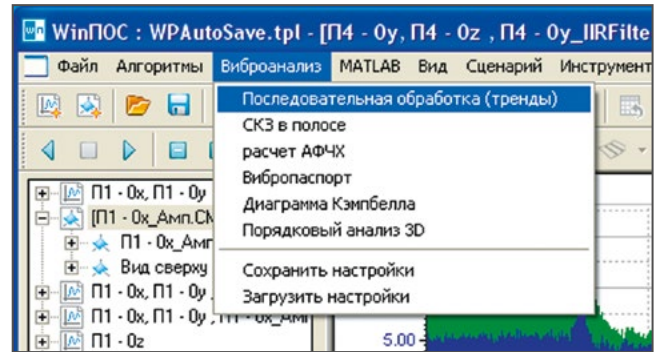
## Анализ динамических процессов, вибраций

- многоканальная обработка вибраций, пульсаций давлений, шумов и т. п.;
- оценка вибрационного состояния роторных машин (на стационарных режимах);
- ударный спектр;
- расчет параметров на режимах разбег/выбег;
- обработка тензометрических измерений;
- обработка аудиосигналов.

Построение зависимости характеристик сигналов от времени или в привязке к сигналам датчика оборотов (тахосигнал):

- тахо-характеристика;
- амплитуда/СКЗ/размах/фаза гармоники;
- амплитуда/СКЗ/размах от частоты;
- амплитуда/СКЗ/размах;
- математическое ожидание;
- низкочастотная вибрация;
- СКЗ в полосе;
- спектральный анализ.

Эти же характеристики могут быть оформлены в виде вибропаспорта изделия.



Изделие:						
Испытание:						
Стенд №:						
Файл:		stopping001.usm		Дата:		08.12.2003
Канал	Оценка	M1	M2	M3	M4	M5
1a	e1	2.20741 сек.	5.01022 сек.	7.55903 сек.	9.99148 сек.	13.4378 сек.
	e2	3.29502	1.66869	1.53153	1.89005	0.158795
	e3(f1)	13.8847	9.75624	11.3436	20.433	2.08621
	F1(f1)	11.5586	8.20884	9.80571	20.5317	0.312789
	r1(f1)	540	540	540	540	540
1v	e1	4.32148	3.47219	3.36016	1.35396	0.257673
	e2	17.8635	20.8942	18.0498	14.9193	11.75021
	e3(f1)	16.719	17.7166	13.7123	14.052	0.719390
	F1(f1)	540	540	540	540	540
	r1(f1)	183.74	312.98	343.991	593.542	45.0174
1h	e1	1.23365	1.73131	1.87921	0.735065	0.255682
	e2	3.20216	9.92394	4.75192	2.47321	2.67217
	e3(f1)	2.75161	10.306	3.65622	2.46789	0.137348
	F1(f1)	540	540	540	540	540
	r1(f1)	92.8304	97.8809	8.26182	540	540
2v	e1	2.9113	1.88933	0.347251		
	e2	14.7606	16.705	2.6857		
	e3(f1)	9.05638	15.7689	0.22606		
	F1(f1)	540	540	540		
	r1(f1)	12.7108	13.5948	13.5948		
2h	e1	4.15820	1.73108	0.180203		
	e2	34.6068	21.3111	2.3253		
	e3(f1)	24.13	23.3674	0.733191		
	F1(f1)	540	540	540		
	r1(f1)	610.707	927.129	44.1032		
3v	e1	17.4234	11.3542	7.48368		
	e2					
	e3(f1)					
	F1(f1)					
	r1(f1)					

Microsoft Excel - table_YP.xls											
Файл Правка Вид Вставка Формат Сервис Данные Окно Справка											
A1											
A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
1		Таблица 3.									
2	Предприятие						Наг-	W <sub>a</sub> , МВт			
3	Объект						рузка	W <sub>r</sub> , Мвар			
4											
5	Дата	06.07.2004									
6	Время	17:38:49			Дополнит.						
7					сведения						
8											
9											
10											
11											
12											
13											
14											
15											
16											
17											
18											
19											
20											

Рисунок 3.3. Функции виброанализа WinПОС



**Порядковый анализ и построение диаграммы Кэмпбелла** применяются для анализа динамических процессов, в основном на нестационарных режимах, например выбега или разбега.

**Диаграмма Кэмпбелла** показывает зависимость частот спектральных пиков от частоты вращения.

### Порядковый анализ

Результат расчета – трехмерный сигнал. По оси X откладывается частота спектра или кратность гармоник, по оси Z – частота вращения или время, по Y – амплитуда, размах или СКЗ.

### Вейвлетный анализ

Вейвлет-преобразование сигналов является одним из видов спектрального анализа, как и классическое преобразование Фурье. Особенность вейвлет-преобразования заключается в том, что оно предоставляет возможность анализа сигнала с локализацией одновременно по времени и частоте.

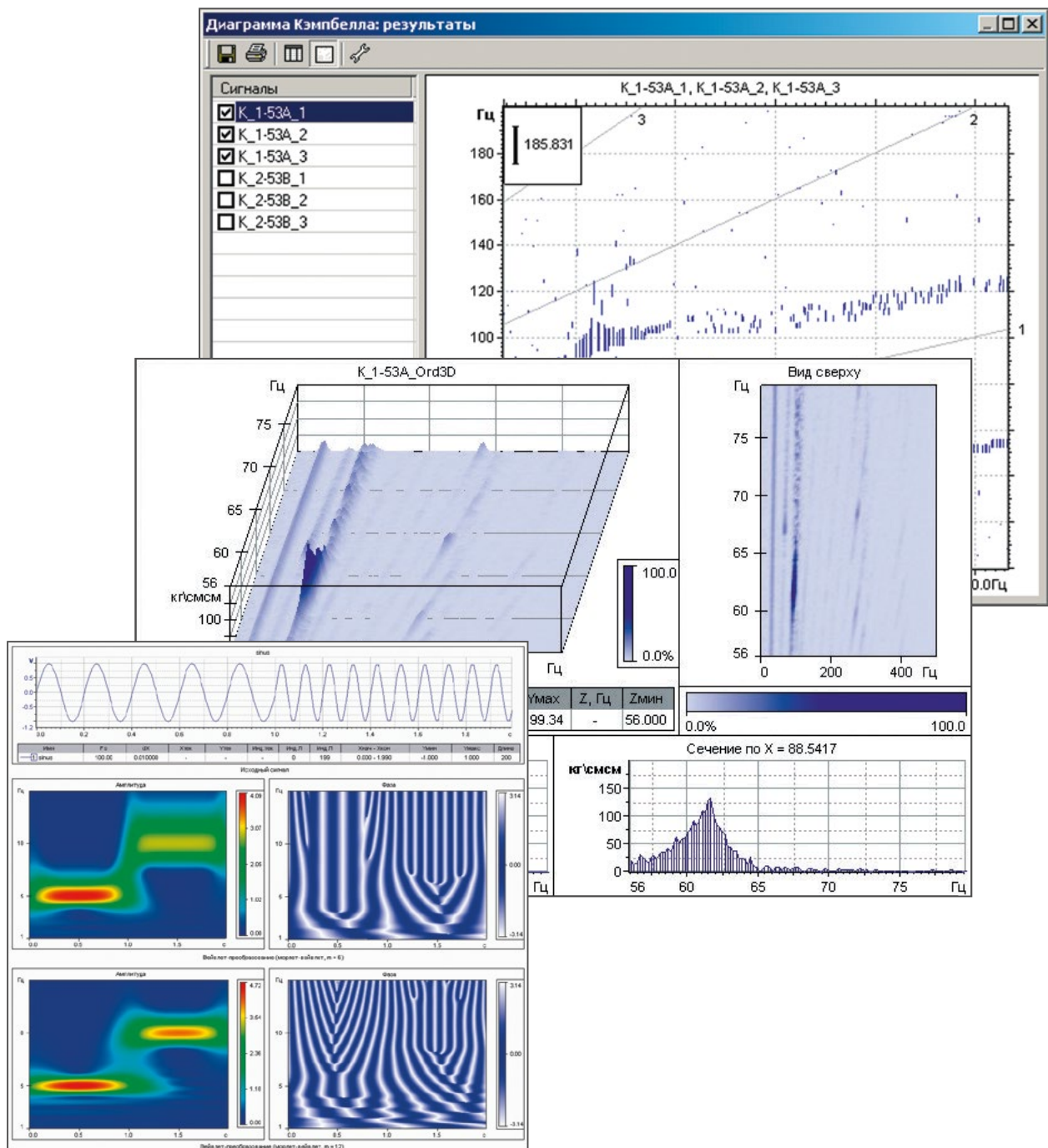


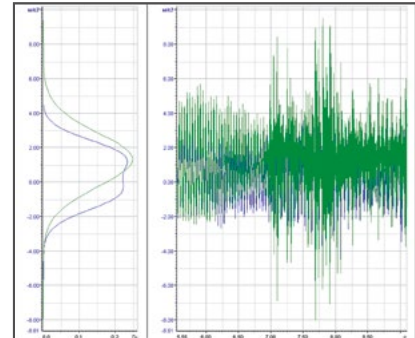
Рисунок 3.4. Результаты построения диаграммы Кэмпбелла и вейвлетного анализа

## Вспомогательные инструменты

### Мгновенный спектр

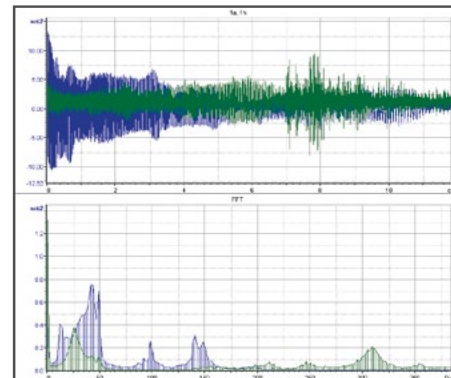
Специализированная страница для расчета спектра и плотности распределения вероятности (ПРВ) «на лету».

В верхнем графике можно выбрать фрагмент исходного сигнала, включить воспроизведение или автоматическую прокрутку. Нижний график всегда показывает спектр или ПРВ видимого участка сигнала, а в режиме курсора — мгновенный спектр.



### Специализированные курсоры

- гармонический курсор – идентификация гармонически связанных составляющих рассчитанной спектральной характеристики сигнала;
- модуляционный курсор эффективен при поиске групп боковых полос в частотной области;
- разностный курсор позволяет определить разницу по X и Y между двумя значениями сигнала, а также вычислить определенный интеграл (площадь под кривой сигнала).



### Редактирование сигналов

- изменение характеристик сигнала (название, единицы измерения, тип характеристики, частота дискретизации, время старта);
- редактирование градуировочной характеристики сигнала;
- редактирование значений сигнала на графике и в табличном виде;
- удаление фрагмента сигнала;
- создание нового сигнала: копии исходного сигнала или его участка, объединения нескольких сигналов или их фрагментов, зависимости одного параметра от другого, программно сгенерированного искусственного сигнала.

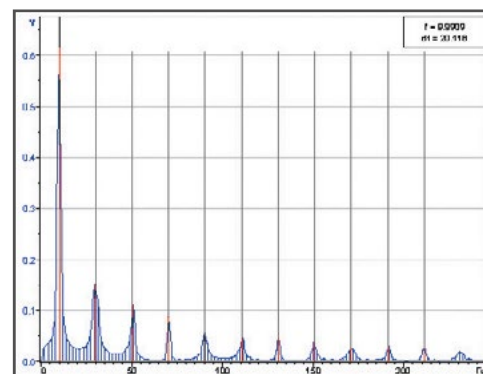
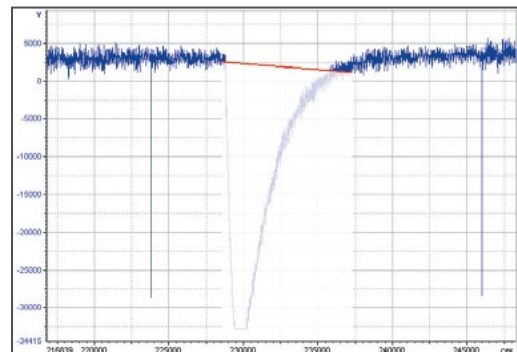


Рисунок 3.5. Вспомогательные функции WinПОС

### Средства оформления графиков для повышения наглядности представления данных и подготовки отчетов

- номера линий;
- печать значений на линиях сетки;
- легенда;
- подписи, выноски, комментарии;
- копирование графиков через буфер обмена, например в текст документов;
- эмуляция рулонной печати;
- отображение режимов, меток, уставок;
- отображение пауз, пропусков данных;
- различные значки для выделения значений линий;
- автоматический поиск экстремумов сигналов;
- автоматическая расстановка выносок.

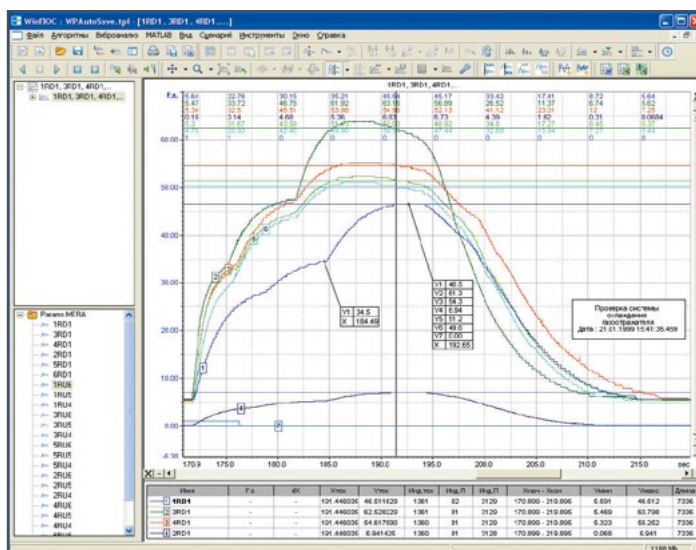


Рисунок 3.6

### Интеграция с Microsoft Office

Возможность нажатием одной кнопки:

- вставить текущую страницу графиков в позицию курсора в окне Word;
- сигналы активного графика скопировать в таблицу Excel и построить график в Excel;
- значения сигналов под курсором скопировать в строчку таблицы Excel.

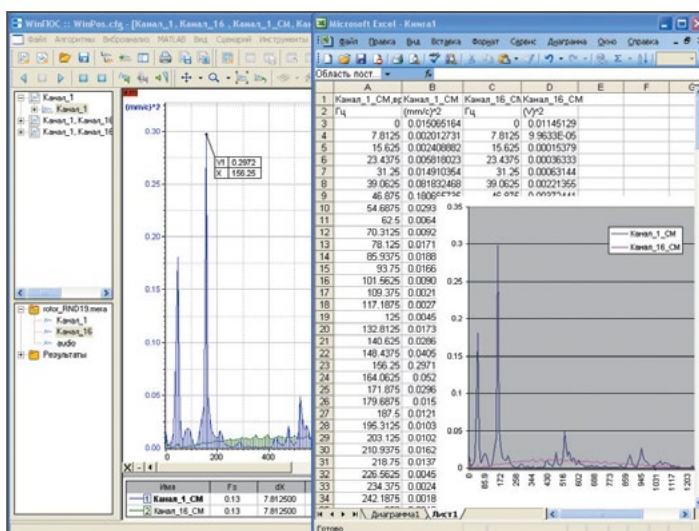


Рисунок 3.7

### Интеграция с пакетом MATLAB

- вызов алгоритмов MATLAB с настройками в окнах WinПОС «Автоспектр» и «Вейвлеты»;
- простой перенос сигналов в MATLAB.

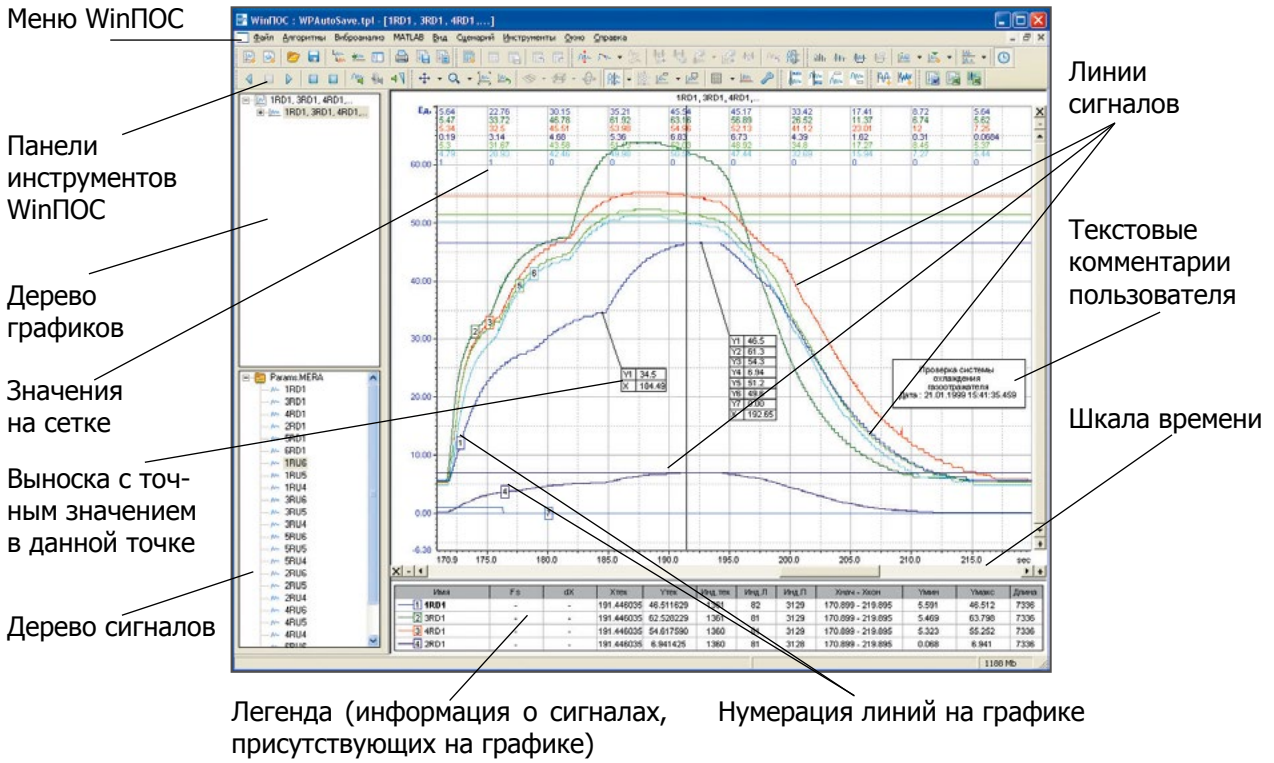


Рисунок 3.8. Двухмерный график

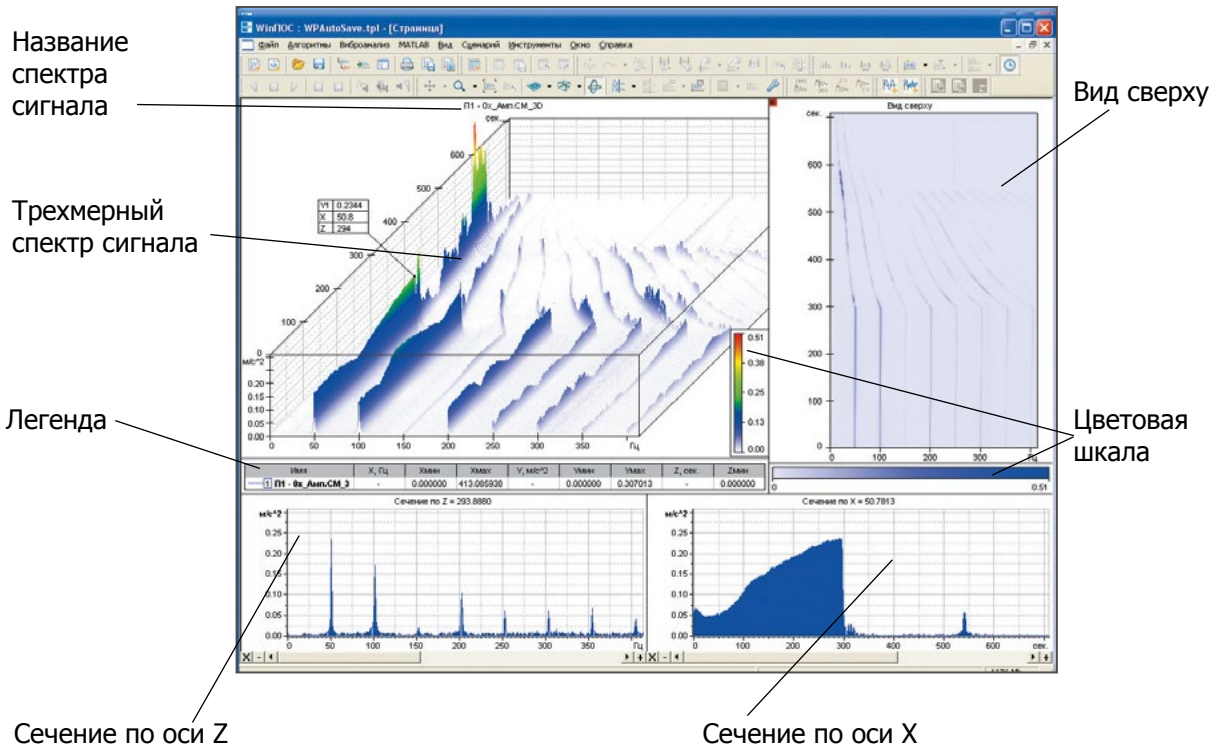


Рисунок 3.9. Пример построения трехмерного спектра сигнала

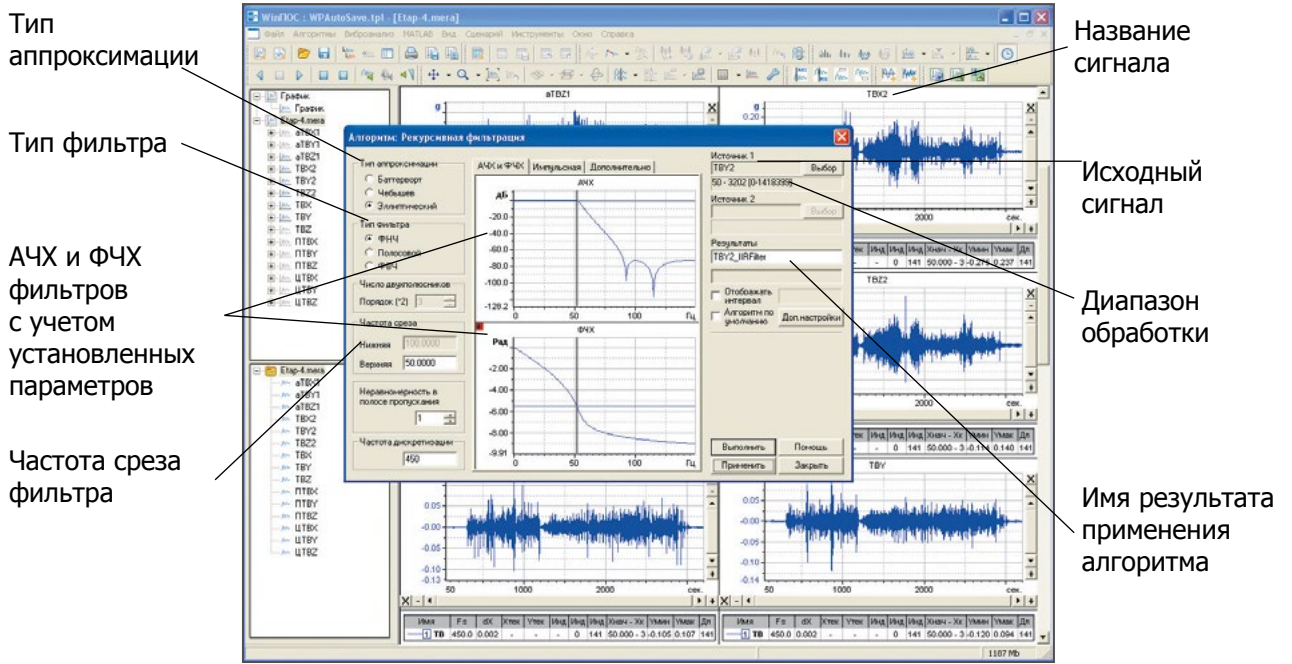


Рисунок 3.10. Алгоритм «Рекурсивная фильтрация»

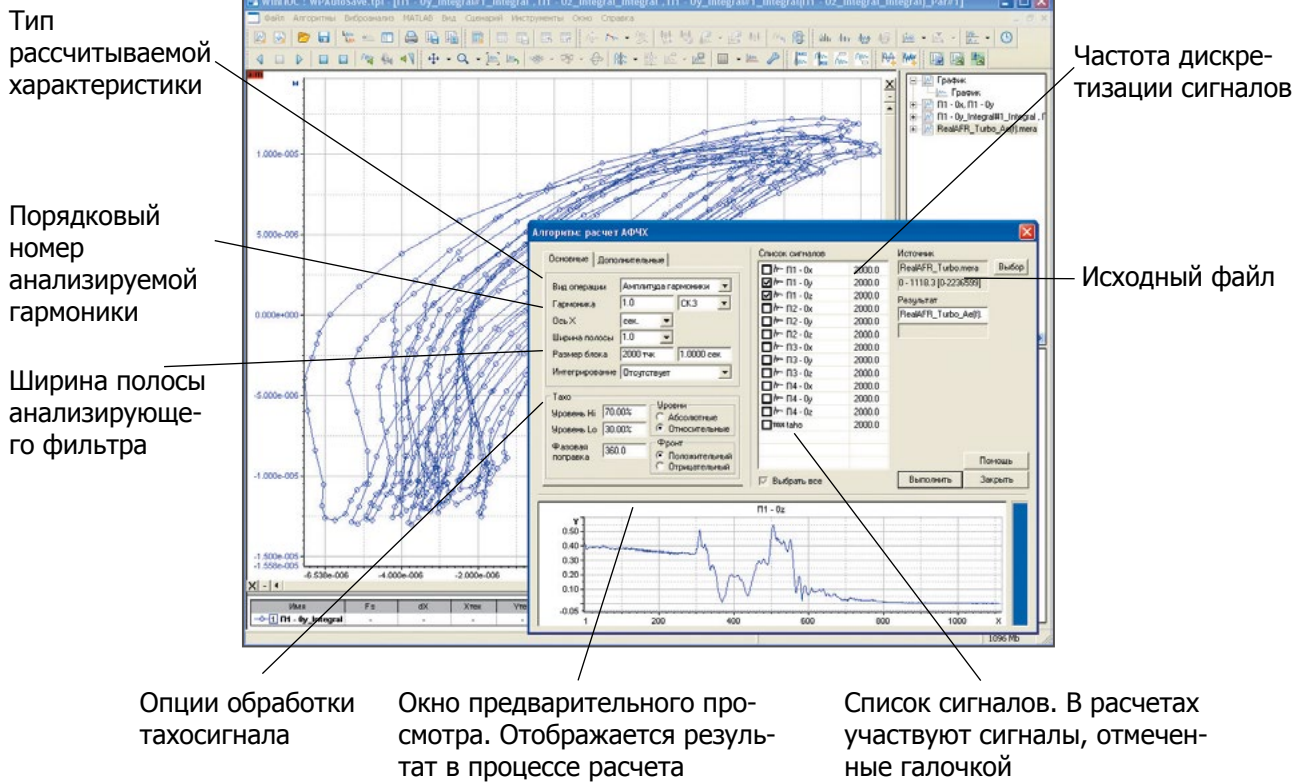


Рисунок 3.11. Алгоритм «Расчет АФЧХ»

## ТМ Регистратор – прием и обработка телеметрической информации

ПО «ТМ Регистратор» предназначено:

- для приёма, регистрации, передачи, обработки и отображения ТМИ в составе малогабаритной телеметрической станции «Источник» и «Источник-М» следующих бортовых радиотелеметрических систем (БРТС): СКУТ, «Сириус», «Пирит», «Орбита», КИМ-Ц, РТСЦ-М2, ВИМ, БИТС-2.
- для приёма и передачи ТМИ по ЛВС, используя протокол Ethernet;
- для обработки и отображения как в реальном времени, так и при воспроизведении ранее зарегистрированной ТМИ в виде:
  - гистограмм коммутаторов,
  - графиков трендов физических параметров ТМИ,
  - времён срабатывания контактных датчиков;
- для отображения:
  - времени (ОВ – основное время),
  - параметров ВИ (информации о работе телеметрической станции),
  - служебной информации:
    - времени регистрации,
    - информативности количества принимаемой/передаваемой информации.

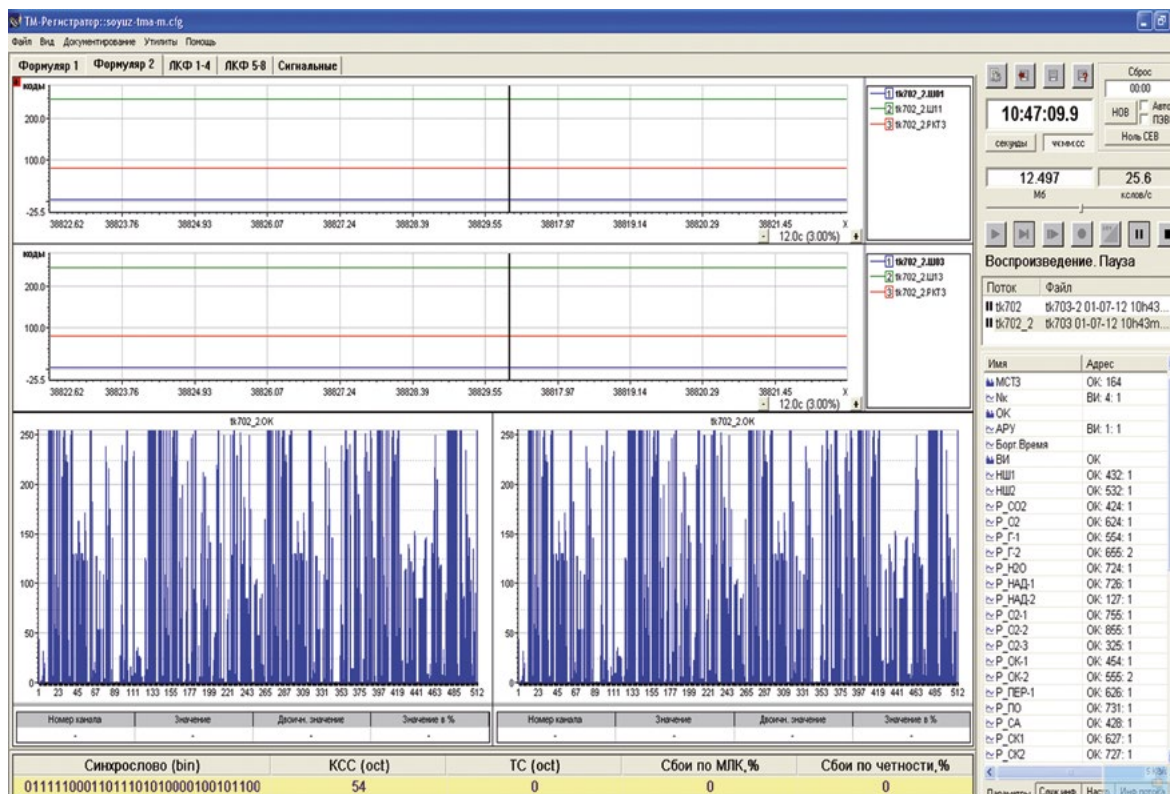


Рисунок 4.1. Основное окно ПО «ТМ Регистратор»

Управление работой программы ведется в диалоговом режиме с использованием стандартного графического интерфейса, применяемого в работе ОС Windows.

Функции

- настройка ТМ модулей, портов модулей, настройка подключения потока, настройка параметров расчёта допускового контроля ТМИ;
- сохранение текущих настроек программы, загрузка существующих конфигураций;
- приём и регистрация ТМИ;
- воспроизведение зарегистрированной ТМИ;
- передача зарегистрированной ТМИ;
- ретрансляция (одновременный приём и передача) ТМИ.

Визуальное представление информации

Для визуального представления данных используются виды отображения информации, представленные шаблонами формуляров ПО «ТМ Регистратор».

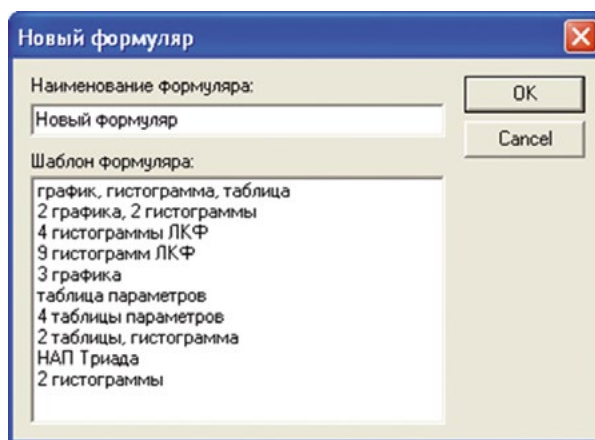


Рисунок 4.2. Список шаблонов формуляров

Визуальное представление информации даёт возможность осуществлять:

- визуальный контроль физических параметров (см. Рисунок 13);
- визуальный контроль коммутаторов;
- визуальный контроль цифровых и сигнальных параметров (см. Рисунок 14);
- подключение параметров в режиме реального времени.

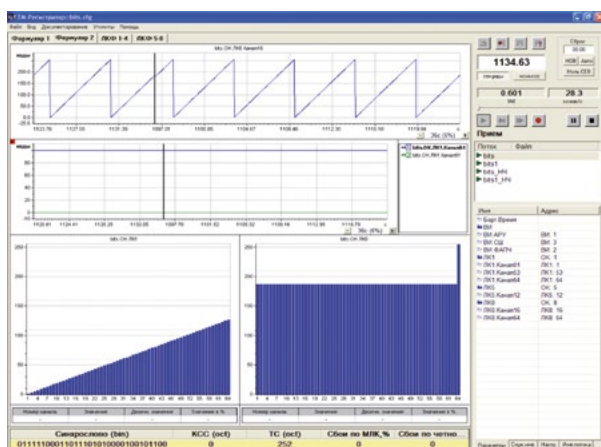


Рисунок 4.3. Контроль параметров и гистограмм

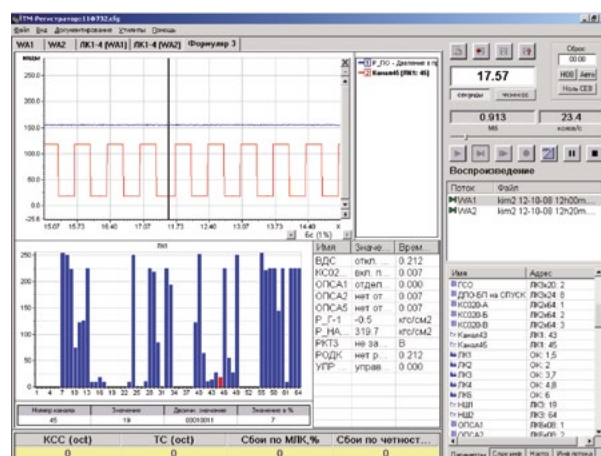


Рисунок 4.4. Пример отображения цифровых и сигнальных параметров

## Утилиты

ПО «ТМ Регистратор» оснащается набором дополнительных вспомогательных программ (утилит):

- Тестирование ТМ модулей – для тестирования работы ТМ модулей;
- Конвертер файлов – для преобразования файлов регистрации ТМИ формата «МЕРА»(dat) в форматы МПРС(tim) и ОКБ «Спектр»(swal);
- УФУС – сервисная утилита, предназначенная для:
  - юстировки блока управляющих сигналов МІС-ФС;
  - визуальной оценки выходных сигналов управления антенной;
  - управления блоком канальных фильтров ME-758;
- Управление по сети – для дистанционного управления телеметрическими регистраторами ТМИ, подключёнными по ЛВС;
- БПИ НЧ – сервисная утилита, предназначенная для управления блоком приёма информации низкочастотного сигнала (БПИ НЧ) для системы БИТС2-12;
- Имитатор – для настройки и управления имитатором ТМИ ME(MR)-718;
- Документирование ТМ – представлено двумя утилитами: «Экспресс-отчет» и «Проверка уровней»; Утилита «Экспресс-отчет» предназначена для первичной обработки параметров зарегистрированной ТМИ с формированием файлов обработанной информации в структуре МERA. Утилита «Проверка уровней» предназначена для оценки установившихся значений исходных уровней.



## Плагины «Виброизмерения» в составе ПО Recorder и WinПОС

Плагины «Виброизмерения» являются загружаемыми дополнениями к программному обеспечению Recorder и WinПОС, используемому в составе информационно-вычислительных комплексов МІС. Плагин регистрации данных виброиспытаний (далее – РДВ) устанавливается в дополнение к ПО Recorder. Плагин построения отчета по виброиспытаниям (далее – ПОВ) устанавливается в дополнение к ПО WinПОС.

Функциональное назначение плагинов «Виброизмерения»:

- отображение в реальном масштабе времени данных, получаемых в ходе испытаний в виде таблиц, спектров и осциллограмм;
- формирование журнала отклонений параметров от установленных значений, регистрируемых измерительной системой в ходе испытаний;
- сохранение в конфигурационный файл всей информации об испытаниях, необходимой для последующей обработки и анализа результатов измерений.

### 1. Структура программного обеспечения

Функциональность и место дополнительного программного обеспечения в структуре МІС, представлены на рисунке 5.1. Здесь также отражены подкомпоненты, каналы прохождения данных и их функциональное взаимодействие.

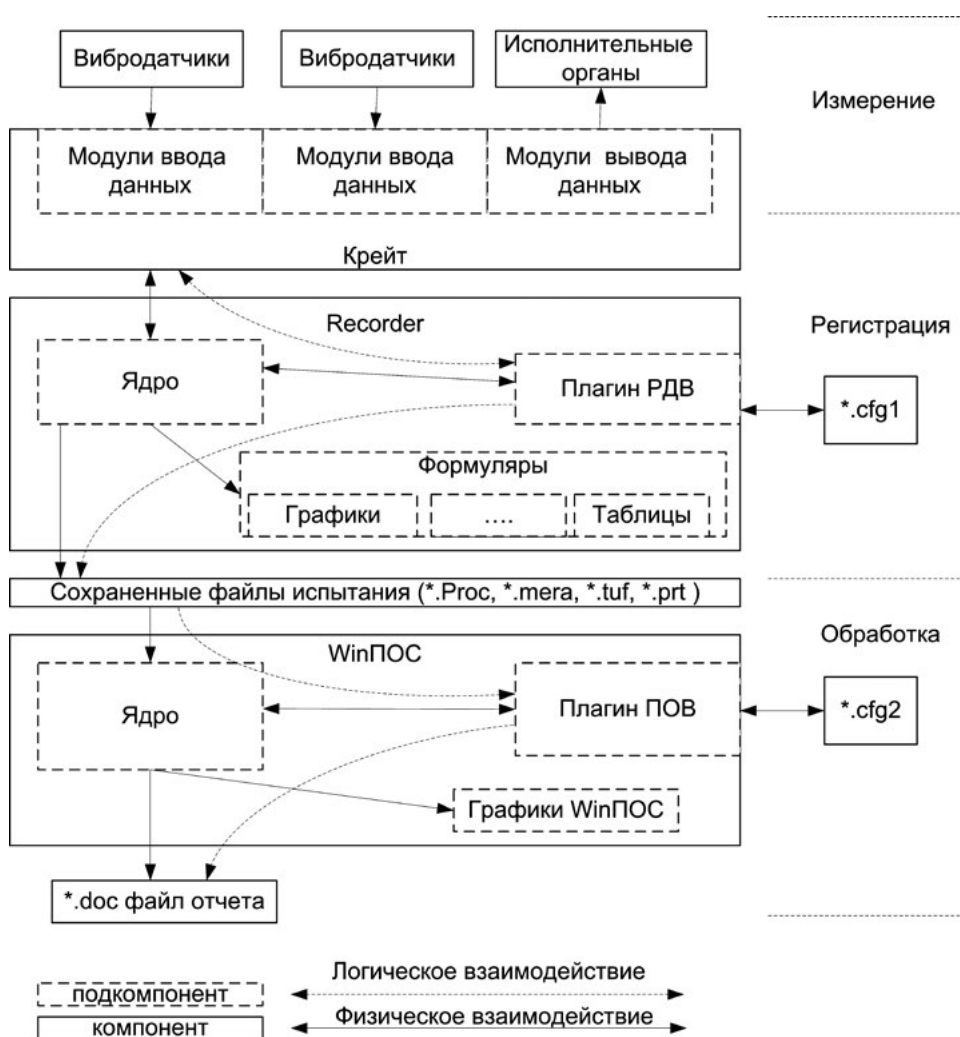


Рисунок 5.1. Плагины «Виброизмерения» в структуре МІС

Структурно МІС представляет собой три подсистемы (см. Рисунок 5.1):

- подсистему измерений, включающую шасси (крейт) с функциональными измерительными модулями, вибродатчики и исполнительные устройства, управляемые сигналами МІС;
- подсистему регистрации, включающую управляющую станцию (компьютер) с установленным ПО Recorder и плагином РДВ;
- подсистему обработки, которая может быть развернута на управляющей станции или ином компьютере с установленным ПО WinПОС Expert и плагином ПОВ.

Подсистема измерений служит для сбора данных с различных первичных преобразователей и для вывода данных на исполнительные устройства.

Функции подсистемы регистрации:

- конфигурирование системы сбора данных; аппаратная настройка измерительных модулей, ввод градуировочных характеристик;
- осуществление процедуры поверки с последующим формированием протоколов;
- регистрация данных, получаемых от измерительной системы на жесткий диск;
- промежуточная обработка полученных данных (отображение данных на дисплее);
- форматирование и сохранение данных для последующей обработки.

Выходными данными с уровня регистрации являются файлы с настройками алгоритмов обработки данных, с типом испытания и информацией о нём, с настройками профилей и с данными о допустимых уровнях каналов, используемыми для визуального и автоматизированного определения некорректного хода испытания.

Подсистема обработки с плагином ПОВ имеет расширенные возможности обработки параметрической и измерительной информации.

Виды представления данных:

- Осциллограмма – отображение сигналов выбранных каналов, регистрируемых в реальном масштабе времени. Отличается возможностью отображения нескольких осциллограмм на одном графике, а также возможностью отображения интегрированных сигналов (для расчета виброперемещения и виброскорости по сигналу с акселерометра);
- Ударный импульс – отображение и фиксация осциллограммы реакции изделия на ударное воздействие длительностью до десятков или сотен миллисекунд;
- Тахо – отображение тренда текущего значения частоты на выбранных каналах;
- АФЧХ – отображение амплитудно-частотных характеристик сигналов;
- Ударный спектр – отображение ударного спектра по выбранным каналам;
- Спектр – отображение текущих спектров сигналов в выбранных каналах;
- Автоковариация – позволяет построить функцию автоковариации по выбранным каналам;
- Спектр АКФ – позволяет разложить функцию автоковариации в спектр.

ПО предназначено для проведения следующих типов виброиспытаний:

- испытания по методу ударных спектров ускорений (УС);
- испытания по методу широкополосного случайного воздействия (ШСВ);
- испытания по методу качающейся частоты (АЧХ).

Для испытаний ШСВ и АЧХ вводится частотный профиль, а для испытаний УС – временной. Ввести профиль можно вручную или импортировать его из файла формата \*.csv. Существует возможность редактирования профиля и его экспорта.

График профиля строится с помощью опорных точек, между которыми происходит интерполяция прямыми линиями.

Возможен ввод допусков и аварийных пределов по каналам, ввод служебной информации о каналах.

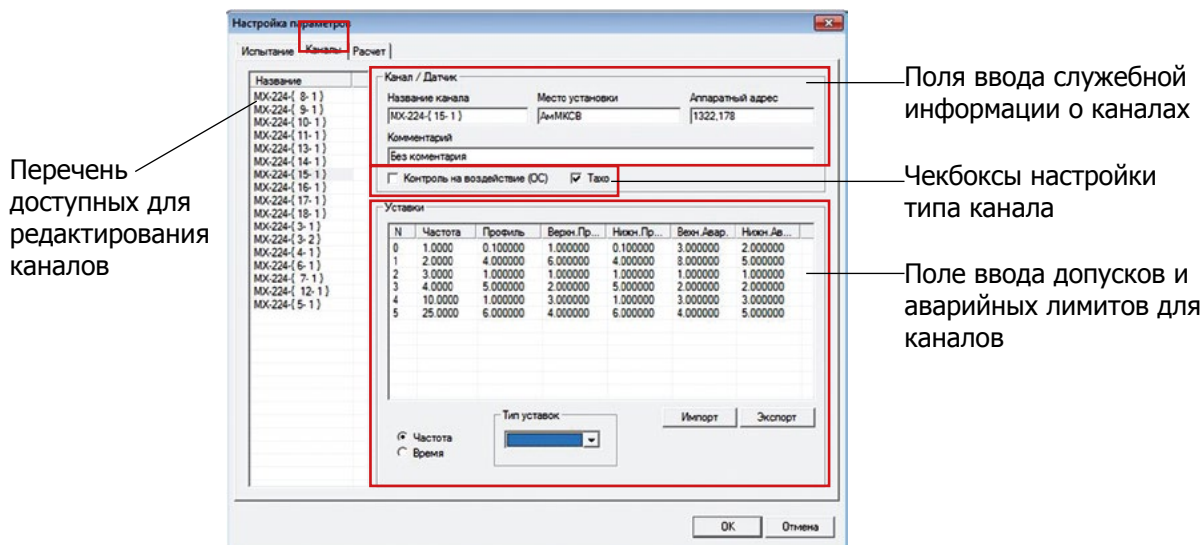


Рисунок 5.2. Настройка параметров. Вкладка «Каналы»

Имеются широкие возможности настройки алгоритмов обработки вибраций (см. Рисунок 5.3).

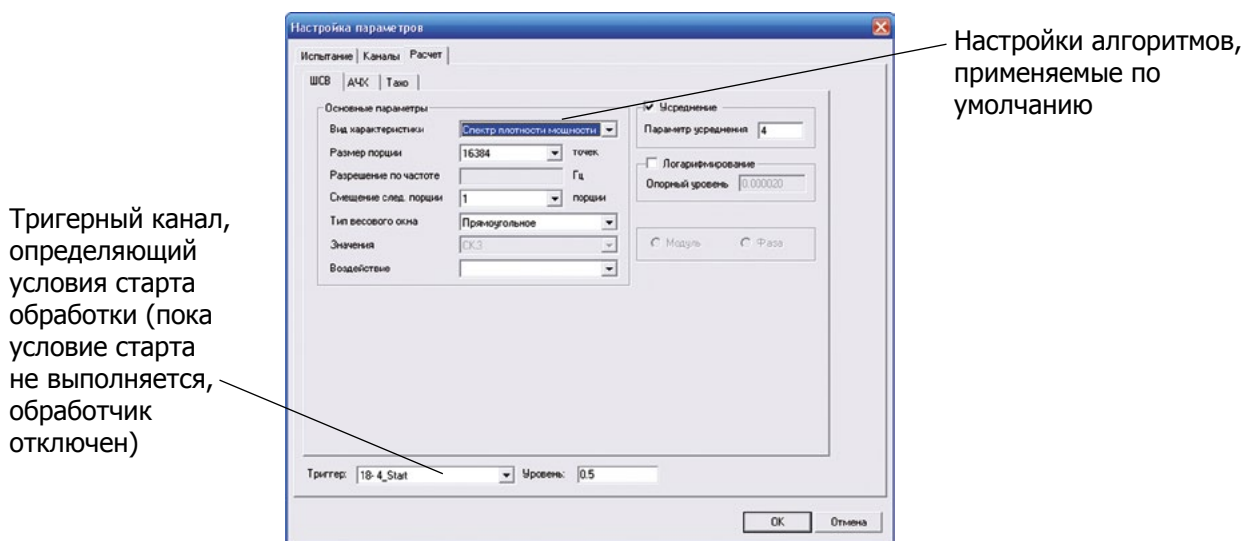


Рисунок 5.3. Настройка параметров. Вкладка «Расчет»

## 2. Применение плагина РДВ при виброиспытаниях

### 2.1. Алгоритм обработки «Тахо»

Алгоритм обработки «Тахо» влияет на корректный расчет алгоритмов АФЧХ. Расчет может быть выполнен с помощью 2-х алгоритмов: алгоритм построения тахо по плавающим порогам и алгоритм БПФ. (см. Рисунок 5.5).

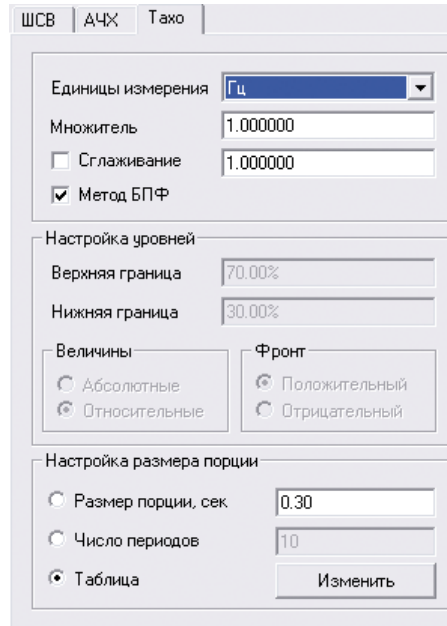


Рисунок 5.4. Диалог настройка алгоритма «Тахо»

Метод БПФ обладает повышенной помехозащищенностью по сравнению с методом расчета «Тахо» по порогам, но расчет производится дольше. Также метод построения «Тахо» по порогам имеет более высокое разрешение (позволяет точно определить частоту с временной погрешностью до 1-го дискрета АЦП (при отсутствии помех)).

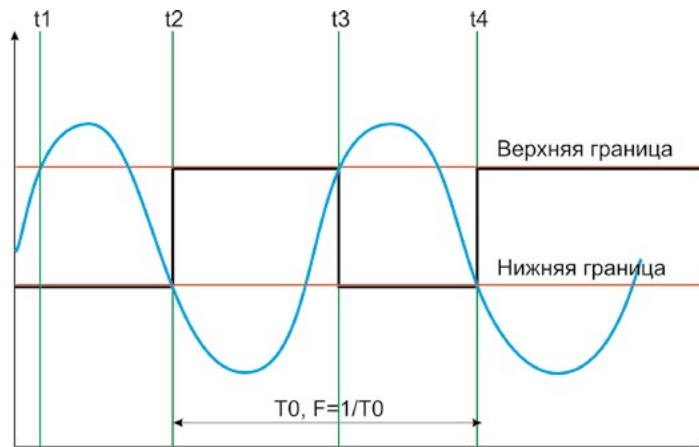


Рисунок 5.5. Диаграмма формирования «Тахо» сигнала по порогам

При построении «Тахо» важным параметром является размер порции данных (в секундах). Большая порция данных позволяет получать более точные измерения частоты за счет усреднения, но теряется возможность отслеживать быстрое изменение частоты. На современных вибростендах имеется возможность задания логарифмического закона для скорости изменения частоты (в области низких частот изменение частоты замедляется). Для корректного подбора порции данных во всей полосе частот в программе имеется возможность задания размера порции как функции от частоты (см. Рисунок 5.4).

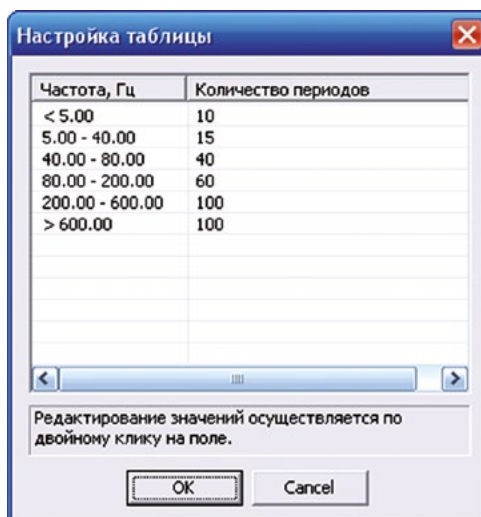


Рисунок 5.6. Пример задания таблицы зависимости числа оборотов на порции данных от частоты

## 2.2. Виброиспытания по методу качающейся частоты

Целью испытаний объекта по методу качающейся частоты является получение амплитудно-частотных характеристик вибраций в каждой контрольной точке объекта.

Измерительные датчики устанавливаются на испытываемом изделии в точках, определяемых задачами и методикой измерений. Каналом «Тахо» может служить специализированный канал (выход с ЦАП) управления вибростенда или датчик, установленный в точке вибростенда, где отсутствуют резонансы (для уменьшения помех и для предотвращения сдвигов фазы относительно измерительных каналов).

Согласно методу качающейся частоты вибрационный стол совместно с его системой управления генерирует колебания определенного частотного профиля. Профиль в данном методе представляет зависимость амплитуды гармонических колебаний стола от частоты. Частота вибрации в заданном диапазоне изменяется во времени.

В процессе испытаний регистрируются колебания вибростенда. Оцифрованный измерительный сигнал разбивается на порции, определяемые настройками алгоритма. Внутри каждой порции рассчитывается текущая частота работы вибростенда по каналу «Тахо».

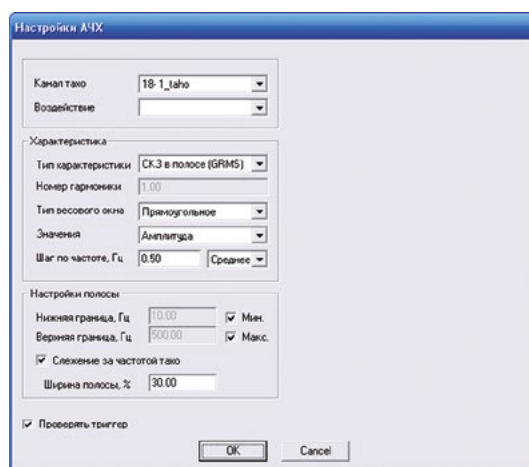


Рисунок 5.7. Настройка алгоритма АЧХ

Типы характеристики, получаемой в результате испытания:

- Амплитуда гармоники – в качестве значения спектральной характеристики вибраций на данной частоте берется амплитуда гармоники со спектра колебаний на частоте, посчитанной по «Тахо» каналу;
- Номер гармоники – имеет значение только для типа испытания «Амплитуда гармоники». Указывает амплитуду какой гармоники сигнала использовать при расчете;
- Суммарная амплитуда – в качестве значения спектральной характеристики изделия на частоте принимается среднеквадратичное значение сигнала сегмента данных, соответствующего данной частоте и приведенного к амплитудному значению (умноженному на  $\sqrt{2}$ );
- СКЗ в полосе (Grms) – в качестве значения спектральной характеристики на определенной частоте принимается СКЗ спектра, рассчитанное в полосе по формуле.  $F1 = F_{\text{Тахо-Flow}}$ ,  $F2 = F_{\text{Тахо}} + F_{\text{Phi}}$ ,  $A(F)$  – СКЗ значение спектральной функции.  $F_{\text{Тахо}}$  – частота, посчитанная по «Тахо» каналу. Flow и Phi – настройки алгоритма, определяющие ширину следящего фильтра. Алгоритм Grms позволяет получить значение амплитуды с фильтрацией в полосе, привязанной к «Тахо» каналу. Алгоритм необходимо использовать для фильтрации помех связанных с кратными резонансами испытываемого изделия, находящимися вне полосы анализируемых частот;

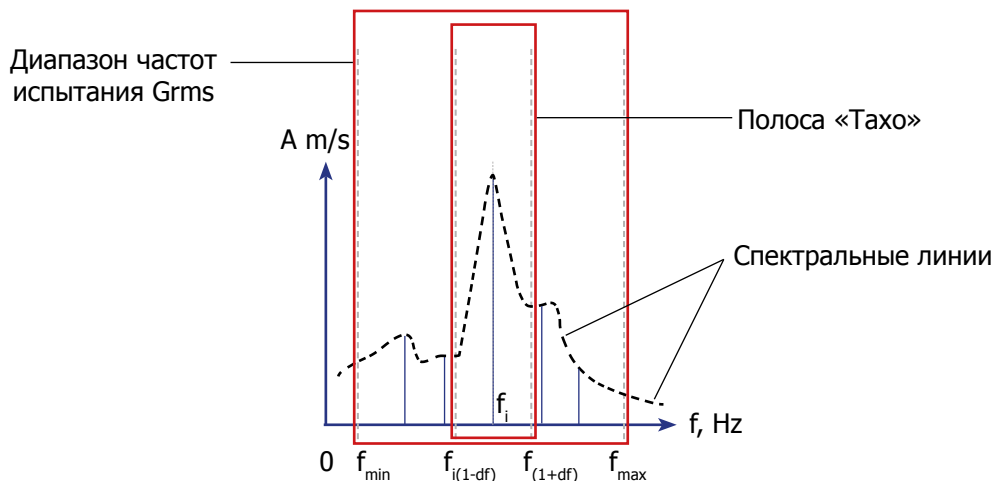


Рисунок 5.8. Алгоритм Grms

Тип весового окна – тип весового окна, используемого для взвешивания сегмента данных перед вычислением спектра сегмента. Используемые окна позволяют ослабить эффект просачивания энергии между гармониками, однако ввиду увеличенного основного лепестка спектра окна (по сравнению с прямоугольным) снижают эффективное частотное разрешение. Возможны следующие варианты окон:

- Прямоугольное,
- Треугольное,
- Окно Ханнинга,
- Окно Блэкмана,
- Flat top.

Шаг по частоте – параметр косвенно влияет на частотное разрешение получаемых финальных спектров в контрольных точках. В процессе испытания фактически определяются множество пар значений «частота – величина колебаний». В процессе испытания значение частоты задающего воздействия изменяется, при этом временной профиль такого изменения не фиксирован, поэтому если при фиксированном размере порции данных построить график результирующей АЧХ, то по оси частоты плотность расположения измеренных точек будет больше в области низких частот.



Рисунок 5.9. Расположение рассчитанных точек в зависимости от частоты

Настройки полосы:

- Нижняя и верхняя границы задают минимальные и максимальные частоты спектральных линий спектров из порций данных, которые будут участвовать в расчете спектра Grms.
- При включенной опции «Слежение за частотой тахо» в расчет берутся только те спектральные линии, которые попадут в относительный диапазон текущей частоты «Тахо», заданный в процентах. Также в данном случае, когда частота «Тахо» будет мала и в полосе «Тахо» лишь одна спектральная линия, полоса будет автоматически расширена до 3-х спектральных линий.

### 2.3. Виброиспытания на широкополосное случайное воздействие

Цель испытаний – определение способности изделия выдерживать воздействие случайной вибрации определенной степени жесткости. Во время проведения испытаний изделие подвергают воздействию случайной вибрации с заданным уровнем в пределах широкой полосы частот.

Широкополосное случайное воздействие (ШСВ) на объект испытаний осуществляется путем колебания вибростенда, на котором закреплено изделие. В процессе испытания контролируется соответствие вибраций стола заданному профилю, а также, с целью определения появления каких либо дефектов в изделии, спектры сигналов в контрольных точках. В итоговый отчет по испытаниям, формируемый в WinПОС, включаются спектры сигналов, зарегистрированных в контрольных точках.

Список редактируемых параметров для расчета по алгоритму ШСВ приведен на рисунке 5.10.

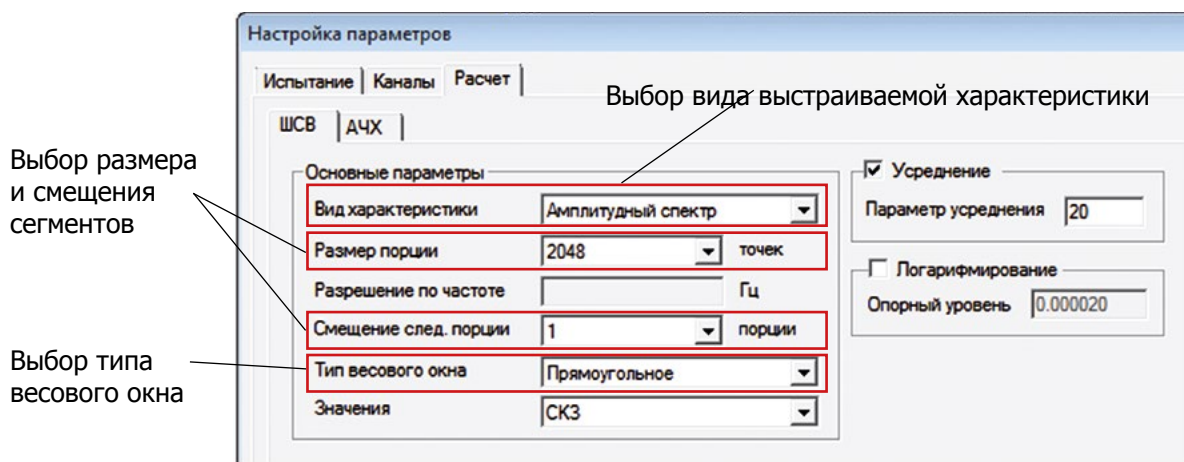
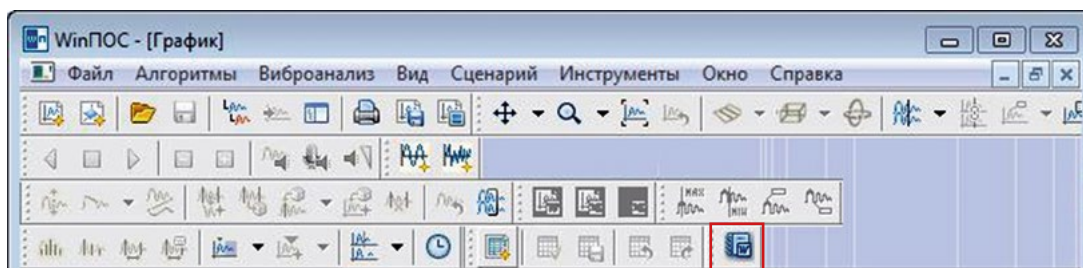


Рисунок 5.10. Настройка параметров. Вкладка «Расчет». Субвкладка «ШСВ»

- Вид характеристики – вид спектра, получаемого в результате эксперимента. Для выбора доступны следующие виды спектральных характеристик:
  - Амплитудный спектр – для данного вида характеристики становится доступным выбор отображаемых значений (среднеквадратичные, амплитудные или пиковые). Для остальных видов отображаются среднеквадратичные значения;
  - Спектр мощности;
  - Спектр плотности мощности;
  - Спектр плотности энергии;
  - Модуль/ Фаза.
- Размер порции – выбор размера сегмента данных в точках (и соответственно частотного разрешения в получаемых спектральных характеристиках). Спектральное разрешение будет равно  $f_s/(2*N)$ , где  $N$  – размер порции (число точек БПФ),  $f_s$  – частота дискретизации.
- Разрешение по частоте – в поле «Разрешение» отображается расчетное частотное разрешение спектра контрольных точек.
- Смещение следующей порции – при оценке спектра для уменьшения дисперсии оценки спектра используется усреднение по двум сегментам. Начало второго сегмента относительно начала первого задается с помощью данного параметра в форме части размера сегмента.
- Тип весового окна – назначение окон аналогично окнам из испытания АЧХ. Определяет динамический диапазон спектра и эффективное частотное разрешение.
- Значения – параметр определяет в форме каких значений будет отображена рассчитываемая характеристика. Выбор (СКЗ, Размах, Амплитуда) доступен только для амплитудной характеристики. Для других видов испытаний автоматически устанавливается СКЗ.
- Усреднение – серию мгновенных значений спектральной линии на графике спектра при измерении спектра через определенные промежутки времени можно считать временным рядом. Параметр «Усреднение» определяет характеристику фильтра «Экспоненциальное среднее», через который проходят такие временные ряды каждой спектральной линии. Каждое следующее значение спектральной линии находится по формуле  $Y_i = Y_i * (1 - (1/k)) + Y_{(i-1)}$ , где  $k$  – параметр фильтра.
- Логарифмирование – при выборе данного параметра спектры, выводимые на графики формуляра, предварительно логарифмируются по введенному уровню.

### 3. Работа с ПО WinПОС и плагином ПОВ

Плагин ПОВ является дополнительным программным модулем для программы постобработки измерительных данных (полученных из ПО Recorder с плагином РДВ) и построения отчетов по результатам виброиспытаний.



Панель с пиктограммой вызова плагина

Рисунок 5.11. Панель вызова плагина ПОВ

Для создания отчета по результатам виброизмерений выбираются сигналы и временной интервал анализа.



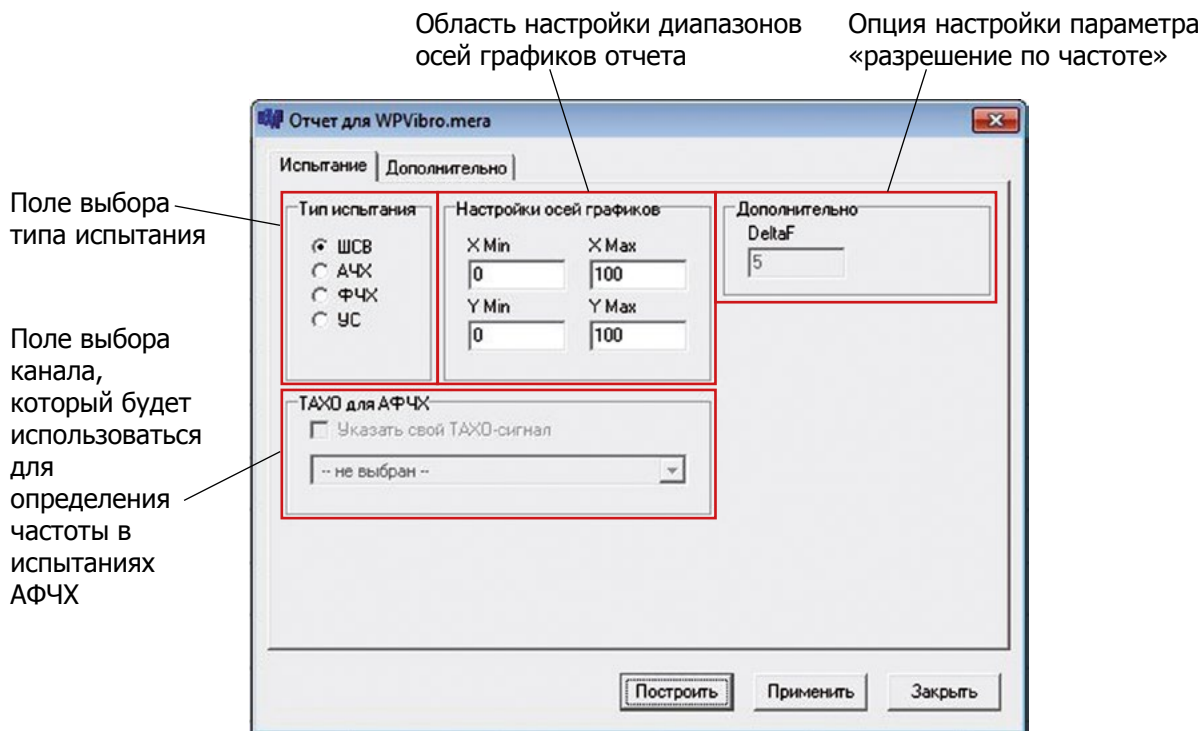


Рисунок 5.12. Вкладка «Испытание»

Имеется возможность вывести из WinПОС на страницу Microsoft Office Word до 4-х графиков отчета (см. Рисунок 5.13).

При включенной опции «Автоопределение границ испытания» анализ данных начинается с момента перехода через предустановленный (триггерный) уровень специального выбранного стартового канала и завершается после уменьшения сигнала ниже предустановленного уровня.

Запаздывание включения и выключения опции «Автоопределение границ испытания» может быть задано с помощью окон «Отступ на старте» и «Отступ на останове».

Опция «Автомостроение трубок» позволяет автоматически на полученных характеристиках для каждого канала отобразить допуски и аварийные пределы.

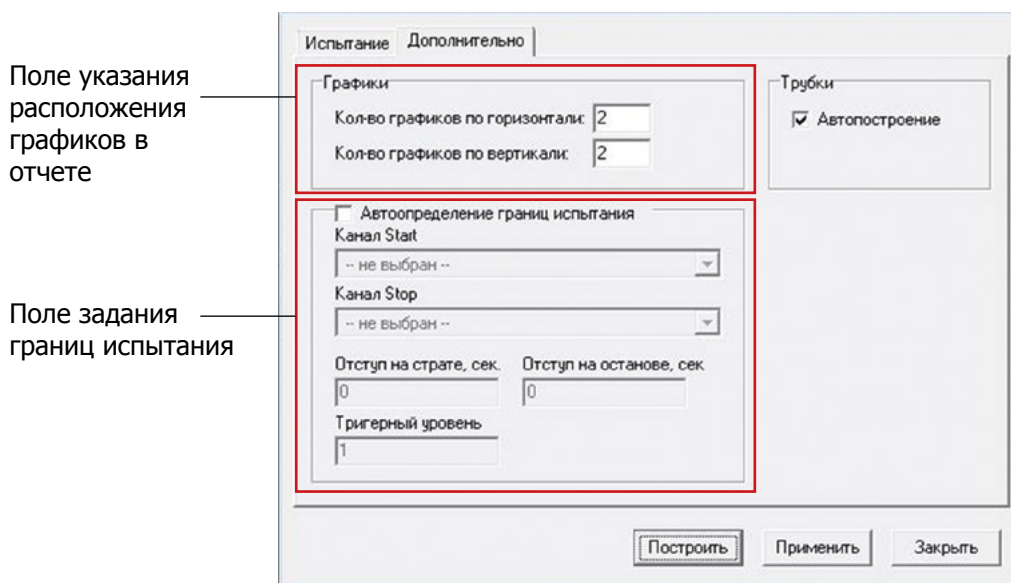


Рисунок 5.13. Вкладка «Дополнительно»

В файле отчета, генерируемого плагином ПОВ, предусмотрено отображение следующих данных:

- тип испытания (Recorder/WinПОС);
- описание испытания (Recorder);
- объект испытания (Recorder);
- дата и время проведения испытания (дата формирования отчета);
- профиль испытания;
- полученные характеристики, отображающиеся в форме:
  - графиков (АЧХ контрольных точек при испытаниях по качающейся частоте; спектр последнего из сегментов данных каналов при испытаниях ШСВ);
  - таблиц (СКЗ значений спектров для испытаний ШСВ; точки резонансов АЧХ при испытаниях АЧХ);
- расположение файла \*.mera, из которого получен отчет.

## Алгоритм обработки сигналов «Ударный спектр» в ПО WinПОС Expert

В процессе эксплуатации детали машин, летательных аппаратов и космической техники подвергаются существенным вибрационным нагрузкам, характеризующимися различными значениями амплитуды, частоты и длительности воздействия. С целью придания устойчивости к подобным воздействиям узлы и агрегаты разрабатываемой техники должны проходить соответствующие испытания в условиях, максимально приближенных к реальным условиям эксплуатации.

При испытаниях на устойчивость к ударным воздействиям анализируются результаты измерений, полученных при регистрации сигналов от датчиков вибрации, расположенных на тестируемом объекте. Целью расчета ударного спектра является определение ряда откликов исследуемых узлов и элементов конструкций, которые в математической модели представляются в виде колебательных систем (осцилляторов), каждая из которых имеет собственную частоту  $f_n$ , определяемую характеристиками  $M_n$  (масса) и  $C_n$  (демпфирование) (см. Рисунок 6.1). По ударному спектру можно определить частоту осцилляторов (узлов и элементов), которые будут испытывать наибольшие нагрузки при установке на исследуемый агрегат.

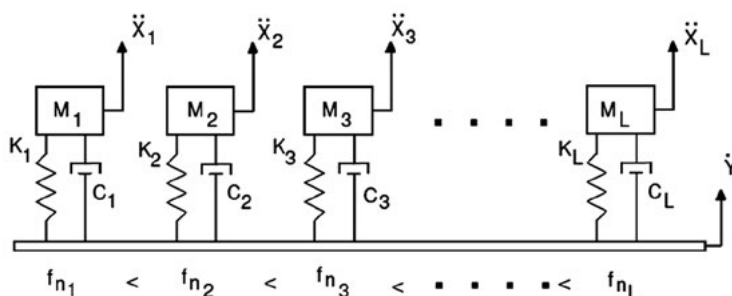


Рисунок 6.1. Математическая модель представления ударного спектра

Расчет ударного спектра основан на анализе временной реализации сигнала, поступающего от виброакселерометра. При расчете через сигнал ускорения может быть выражена сила, воздействующая на ряд осцилляторов, имеющих собственные частоты  $f_n$ . Реакция каждого осциллятора (с частотой  $\omega_n$ ) является независимой от других осцилляторов. Согласно второму закону Ньютона движение каждого осциллятора можно представить в виде дифференциального уравнения:

$$m\ddot{x} + c\dot{x} + kx = c\dot{y} + ky, \text{ где } x - \text{перемещение осциллятора (искомая величина).}$$

Максимальное значение откладывается в качестве точки на графике ударного спектра ( $X_{max}, \omega_n$ ),  $y$  – перемещение опоры, на которой закреплена колебательная система (сигнал от виброакселерометра). Уравнение можно переписать в виде:

$$\ddot{z} + 2\xi\omega_n \dot{z} + \omega_n^2 z = -\ddot{y}(t),$$

где  $z = x - y$ ;  $\omega_n^2 = k/m$  – собственная частота осциллятора (рад/сек);

$2\xi\omega_n = c/m$ , где  $\xi$  – коэффициент демпфирования, который также часто представляют как

$$Q = 1/2 \xi.$$

Последнее уравнение не имеет аналитического решения для произвольного воздействия  $Y(t)$ .

Ниже представлена формула, позволяющая решить уравнения численным методом, представив входное воздействие в виде конечных разностей. Здесь  $\Delta t$  – временной интервал, с которым зарегистрирована последовательность  $Y(t)$ , определяемый частотой дискретизации АЦП.

$$\ddot{x}_i = +2\exp[-\xi\omega_n \Delta t] \cos[\omega_d \Delta t] \ddot{x}_{i-1} - \exp[-2\xi\omega_n \Delta t] \ddot{x}_{i-2} + 2\xi\omega_n \Delta t \dot{y}_i +$$

$$\omega_n \Delta t \exp[-\xi\omega_n \Delta t] \left\{ \left[ \frac{\omega_n}{\omega_d} (1-2\xi^2) \right] \sin[\omega_d \Delta t] - 2\xi \cos[\omega_d \Delta t] \right\} \ddot{y}_{i-1},$$

где  $\omega_d = \omega_n \sqrt{1-\xi^2}$

Уравнение 6.1. Решение уравнения движения для осциллятора с параметрами  $\omega_n, \xi$

По представленному уравнению 6.1 можно построить реакцию осциллятора на входное воздействие, выбрав параметры  $\xi$  и  $\omega_n = 2 \cdot \pi \cdot f_n$ .

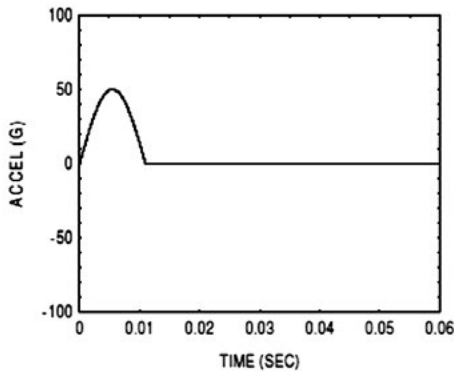


Рисунок 6.2. Исходное воздействие (Y(t) в уравнении 1)

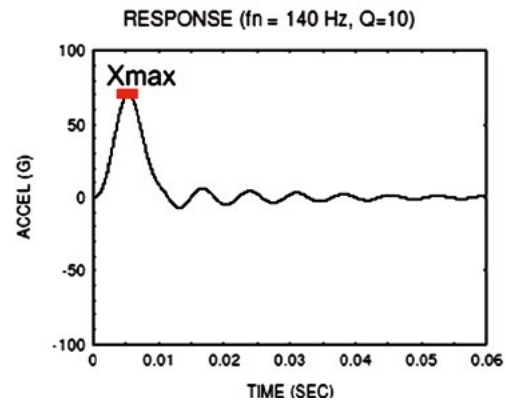


Рисунок 6.3. Пример реакции (решение уравнения 1) на воздействие осциллятора с заданным коэффициентом демпфирования и собственной частотой (X(t) в уравнении 1)

Алгоритм ударного спектра производит следующий расчет:

1. Пользователь определяет коэффициент демпфирования  $\xi$ .
2. Диапазон анализируемых частот и шаг по частоте (определяет объем вычислений алгоритма и, соответственно, время его выполнения). Число точек ударного спектра равно диапазону частот, делённому на шаг по частоте.
3. Для каждого осциллятора с частотой  $\omega_n$  рассчитывается реакция  $X(t)$  по уравнению 1.
4. Максимальное значение  $X_{max}$  (см. Рисунок 6.3) откладывается как точка на ударном спектре по оси ординат, по оси абсцисс принимается значение  $f_n$  (собственная частота осциллятора).

На рисунке 6.4 показан внешний вид сигнала, содержащего ударные импульсы.

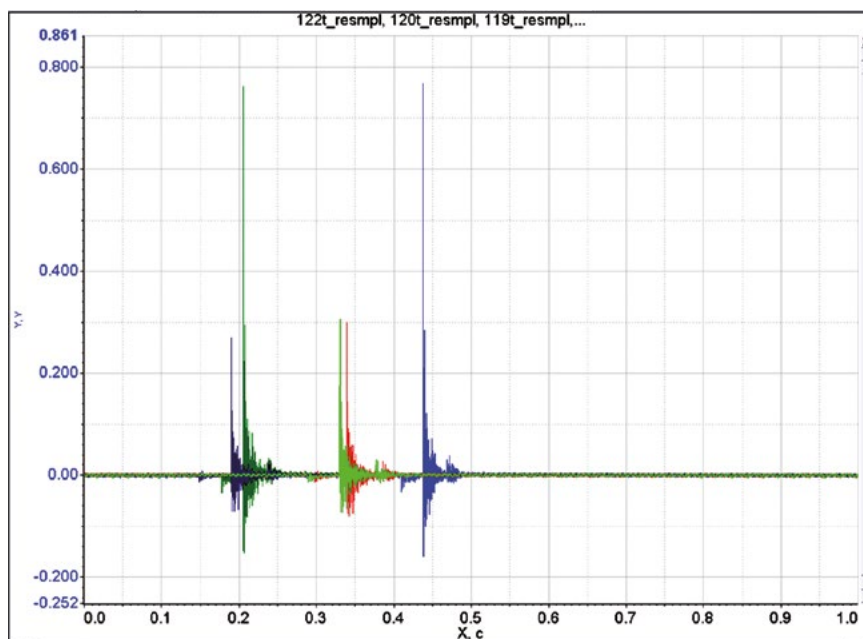


Рисунок 6.4. Внешний вид исходного сигнала

Алгоритм «Ударный спектр» доступен только в версии WinПОС Expert (см. Рисунок 6.5).

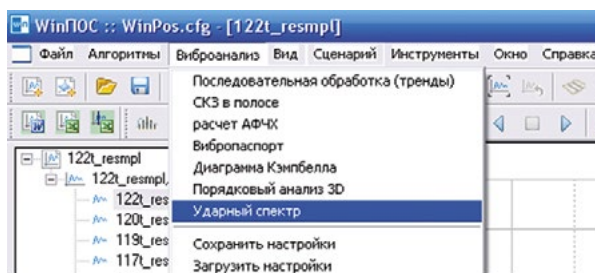


Рисунок 6.5. Вызов алгоритма «Ударный спектр»

На рисунке 6.6 показан диалог настройки алгоритма «Ударный спектр».

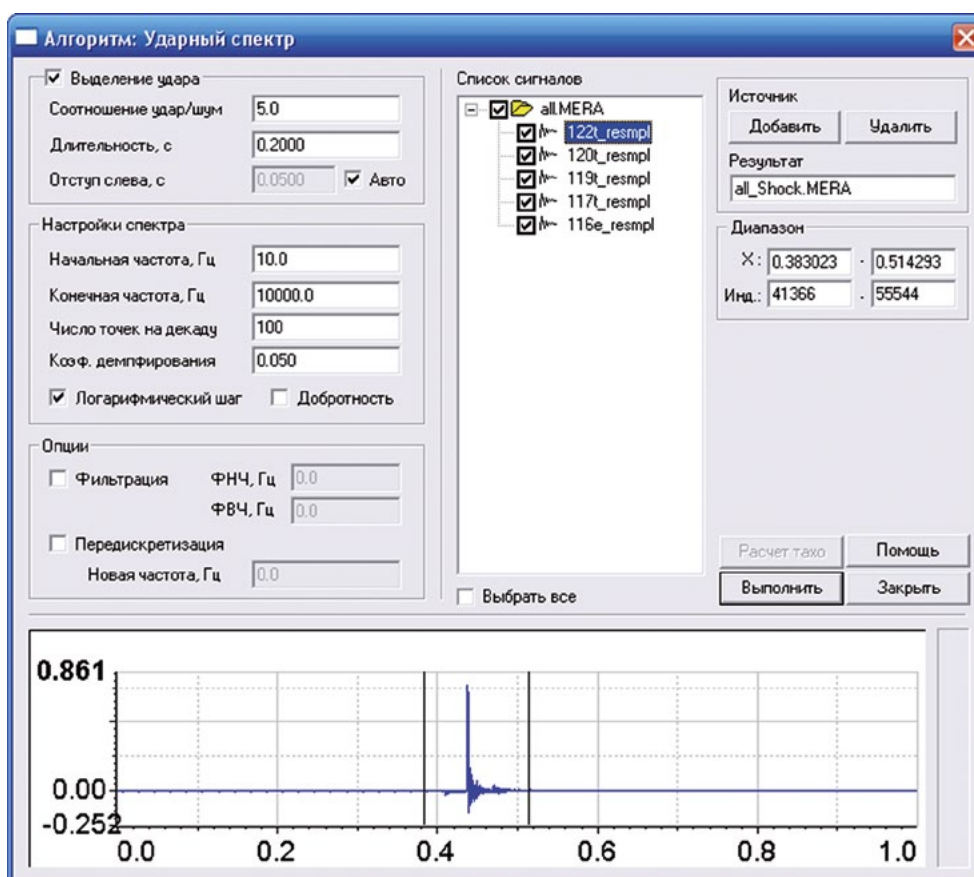


Рисунок 6.6. Диалог настройки алгоритма «Ударный спектр»

Опция «Выделение удара» позволяет в автоматическом режиме определить участки сигналов, которые будут обработаны. Поиск удара может производиться по двум критериям (соотношение «удар/шум» или превышение уровня): сигнал разбивается на порции равные 1% от размера сигнала. На каждой порции рассчитывается СКЗ сигнала или Амплитуда. Оценка, рассчитанная по первой порции, принимается за пороговое значение. При превышении этого значения в заданное число раз происходит срабатывание детектора наличия ударного импульса. Слева от момента срабатывания откладывается время, указанное в строке «Отступ слева» (если установлен режим «Авто», то слева будет отложено время, равное 2% от длительности ударного импульса). Длительность ударного импульса определяется в строке «Длительность». Если выбран режим «Авто», и в сигнале присутствует несколько ударов, то алгоритм определит их все и рассчитает спектр для каждого импульса (программа позволяет выбрать ударный импульс и в ручном режиме).

Группа «Настройка спектра» определяет объем данных, который будет рассчитан. Число точек ударного спектра равно разности начальной и конечной частот, поделённой на шаг по частоте, при равномерном шаге. При логарифмическом шаге вместо шага по частоте задается число точек на декаду. Коэффициент демпфирования задается в процентах. По умолчанию принимается значение 0,05, что соответствует 5%. Если выбрана позиция «Добротность», то вместо демпфирования задается добротность.

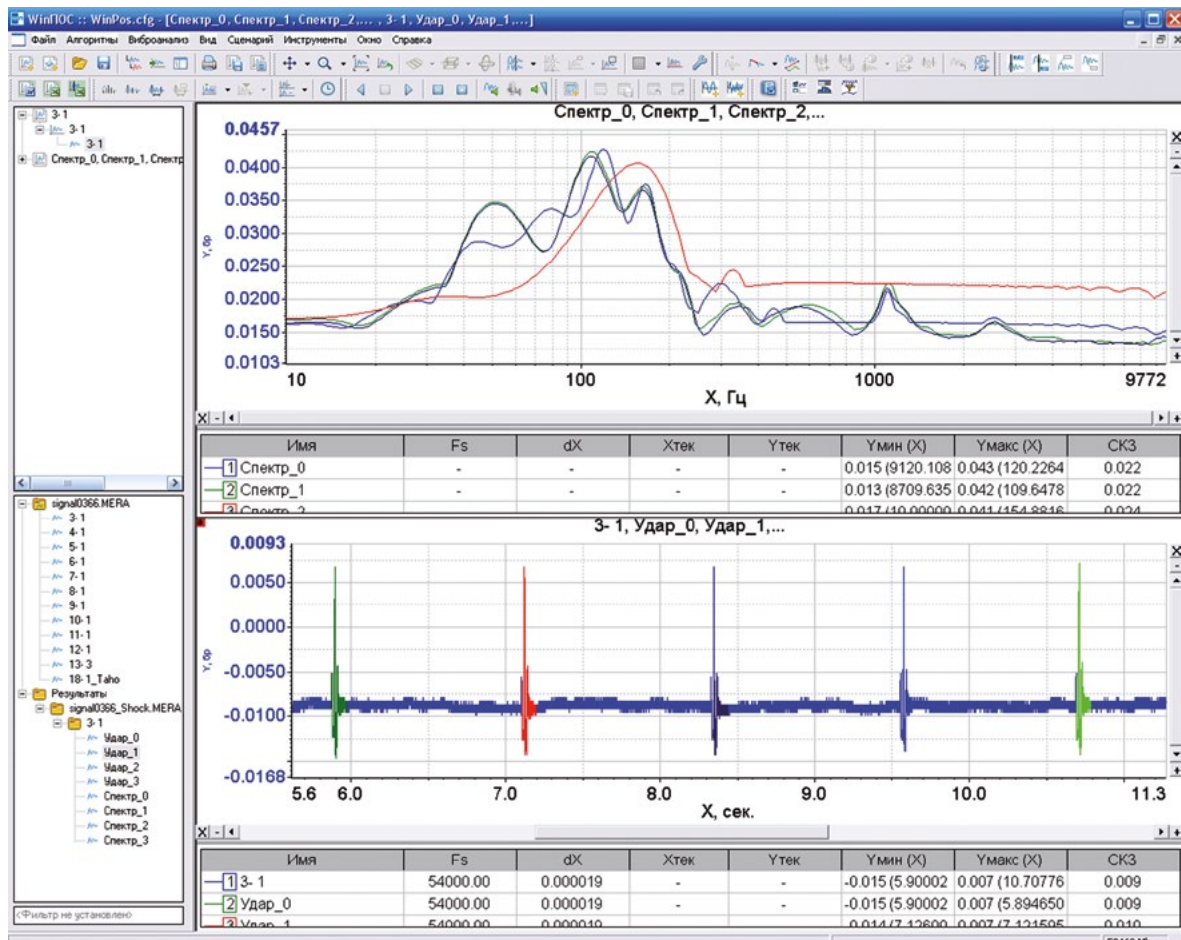


Рисунок 6.7. Результат обработки сигнала, содержащего несколько ударных импульсов, при включенной опции «Авто»

Группа «Опции» позволяет задать фильтрацию исходного сигнала с помощью полосового фильтра. Режим «Передискретизация» позволяет перед применением расчета ударного спектра произвести передискретизацию исходного сигнала. Поскольку алгоритм использует метод конечных разностей, точность расчета зависит от частоты дискретизации. Согласно экспериментально выведенному соотношению частота дискретизации сигнала должна быть в 20 раз больше, чем частота исходного воздействия. При дальнейшем увеличении частоты дискретизации результаты расчета не меняются. На рисунке 6.8 показаны результаты расчета ударного спектра, выполненные по одному сигналу с одинаковыми настройками, но разной частотой дискретизации ( $f_s = 48 \text{ кГц}$  и  $f_s = 216 \text{ кГц}$ ).

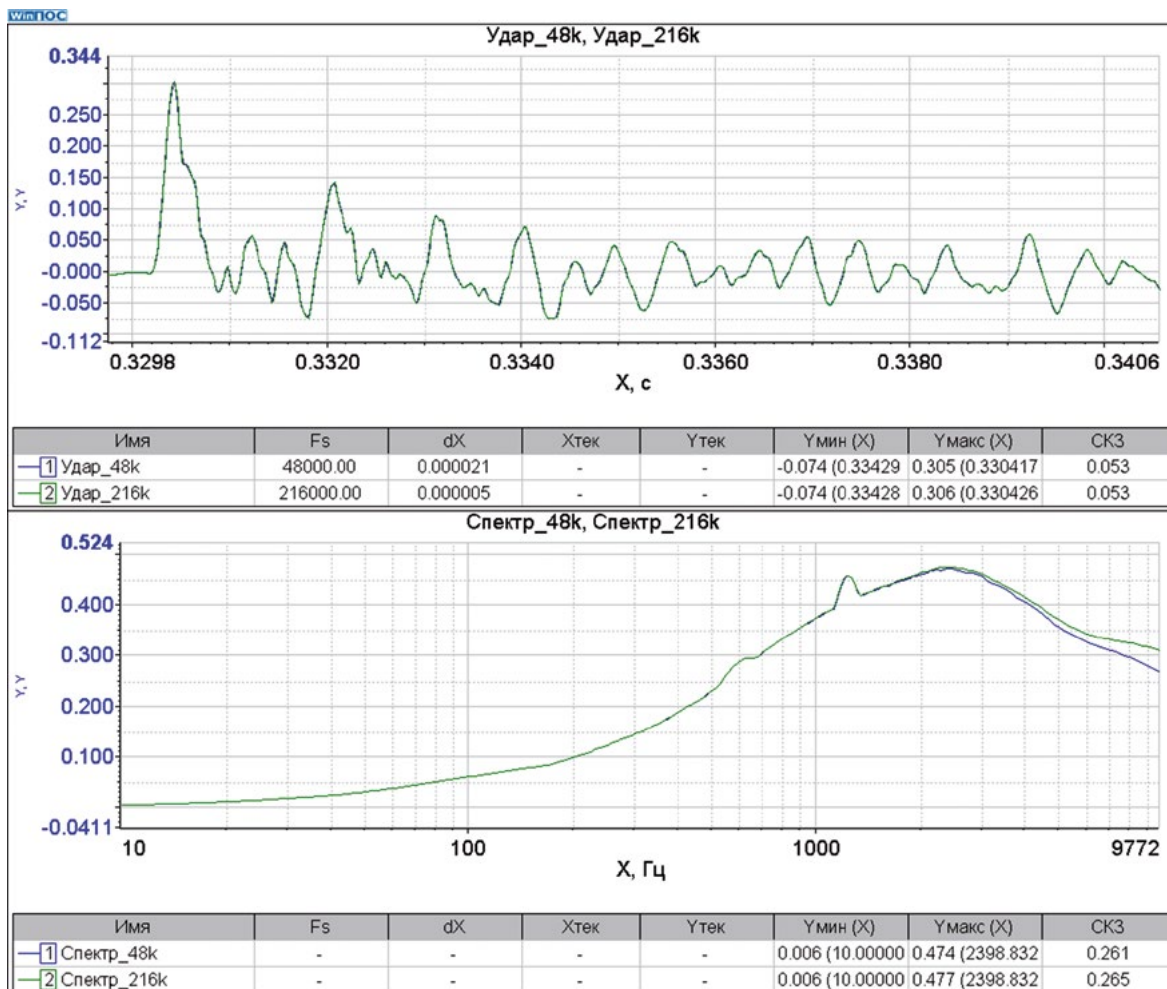


Рисунок 6.8. Сравнение результатов расчета ударного спектра при разной частоте дискретизации

Для создания трубок допуска служит программа ProfileGenerator.

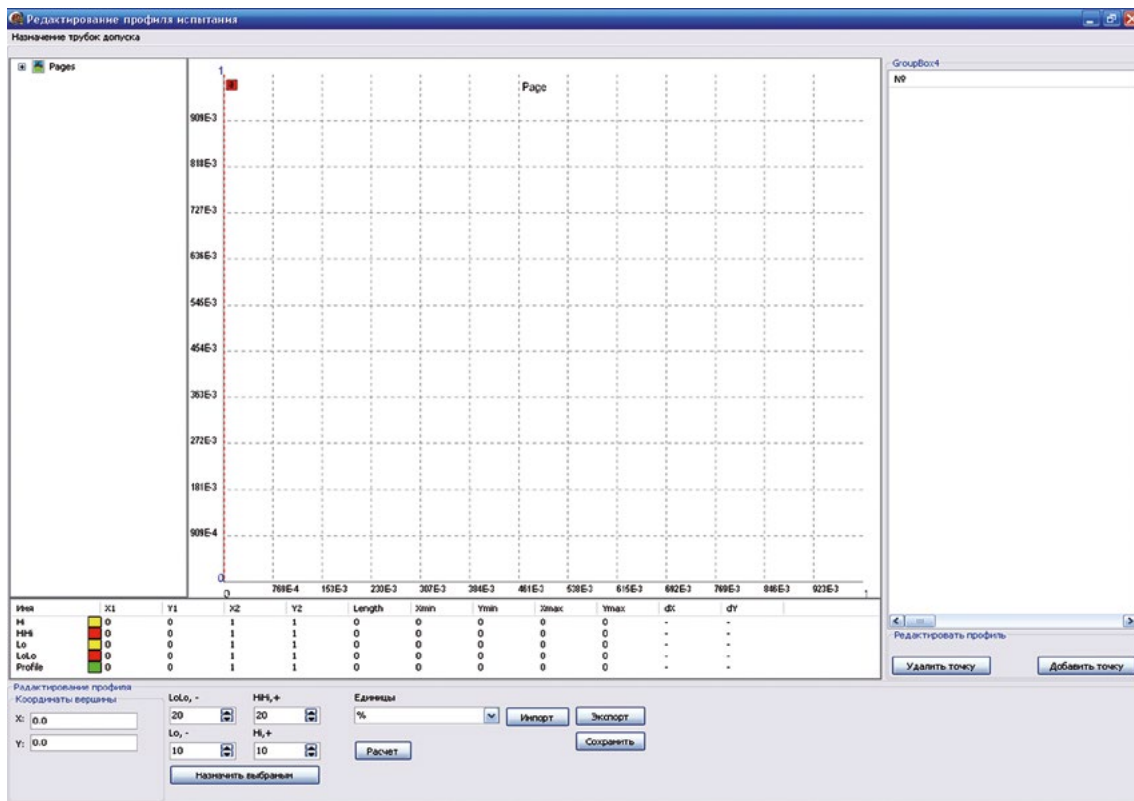


Рисунок 6.9. Основное окно программы

Профиль задается в виде кусочно-линейной функции.

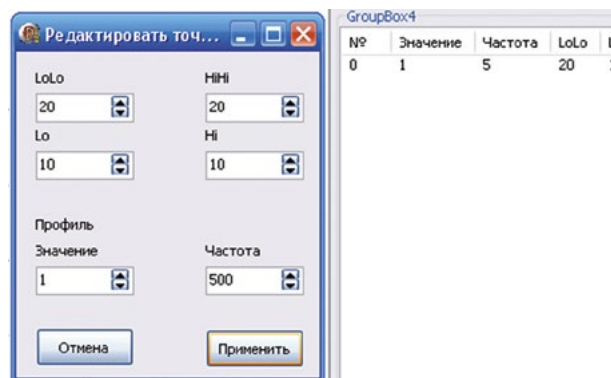


Рисунок 6.10. Редактирование профиля испытания

В диалоге назначается как будут рассчитываться трубки допуска по отношению к профилю испытания.



## Комплекс программ проведения наземных частотных испытаний летательных аппаратов и испытаний моделей в аэродинамических трубах

Программное обеспечение предназначено для работы в составе измерительно-вычислительного комплекса MIC-300M, оснащенного средствами генерации сигналов для устройств возбуждения и для измерения, анализа и регистрации частотных характеристик (ЧХ) испытываемых объектов.

В программный комплекс входят:

- ПО Recorder с плагинами **plgNyquistPlot** и **plgSRS**;
- ПО WinПОС с плагином **plgAggregatMeraToDat**.

Программный комплекс частотных испытаний обеспечивает следующие виды (режимы) испытаний:

- измерение ЧХ при моногармоническом возбуждении;
- измерение ЧХ при полигармоническом возбуждении;
- измерение случайных колебаний при турбулентном (случайном внешнем) возбуждении – пассивный эксперимент;
- измерение свободных колебаний при внешнем импульсном неконтролируемом возбуждении.

Колебания объекта испытаний, препарированного системой датчиков  $D_1 \dots D_n$ , возбуждаются силами  $F_1 \dots F_3$  с помощью устройств возбуждения (возбудителей)  $УВ_1 \dots УВ_3$ , на которые подаются управляющие сигналы  $U_1 \dots U_3$  от цифроаналоговых преобразователей ЦАП1 ... ЦАП3 ведущего MIC-300M (см. Рисунок 7.1).

Сигналы датчиков  $D_1 \dots D_n$  регистрируются ведущим MIC-300M и, если необходимо, ведомыми MIC-300M. Количество ведомых MIC-300M может достигать 3-х штук при использовании модуля синхронизации ME-020. В итоге общее количество регистрируемых сигналов может достигать суммы каналов регистрации 4-х используемых MIC-300M.

Для передачи результатов измерений на «Компьютер вторичной обработки результатов» и для получения в ходе измерений от «ИВК АДТ» информации о параметрах/условиях испытаний используется стандартная локальная сеть.

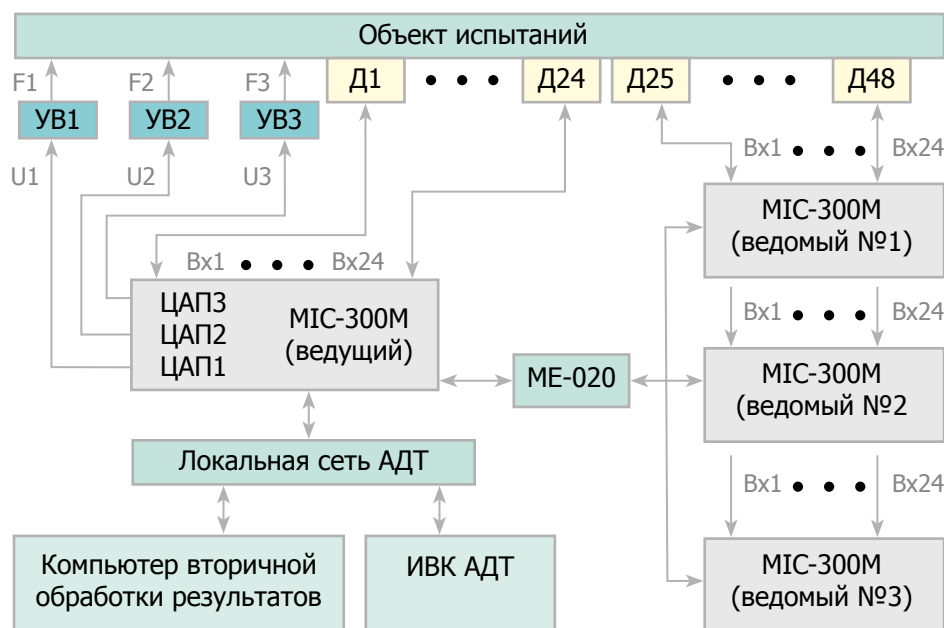


Рисунок 7.1. Структурная схема оборудования для проведения испытаний с ИВК MIC 300M в аэродинамической трубе (АДТ)

При подготовке каждого вида эксперимента необходимо подготовить так называемые экранные формы (формуляры), которые являются основным интерфейсом системы для оператора, и произвести настройку измерительной системы, в ходе которой задаются: номера каналов, диапазоны напряжений входных и выходных сигналов, параметры возбуждения и т. д.

Экранные формы (формуляры), используемые при испытаниях

На рисунках 7.2, 7.3, 7.4 показаны примеры формуляров для испытаний при моногармоническом, полигармоническом и при внешнем неконтролируемом возбуждении.

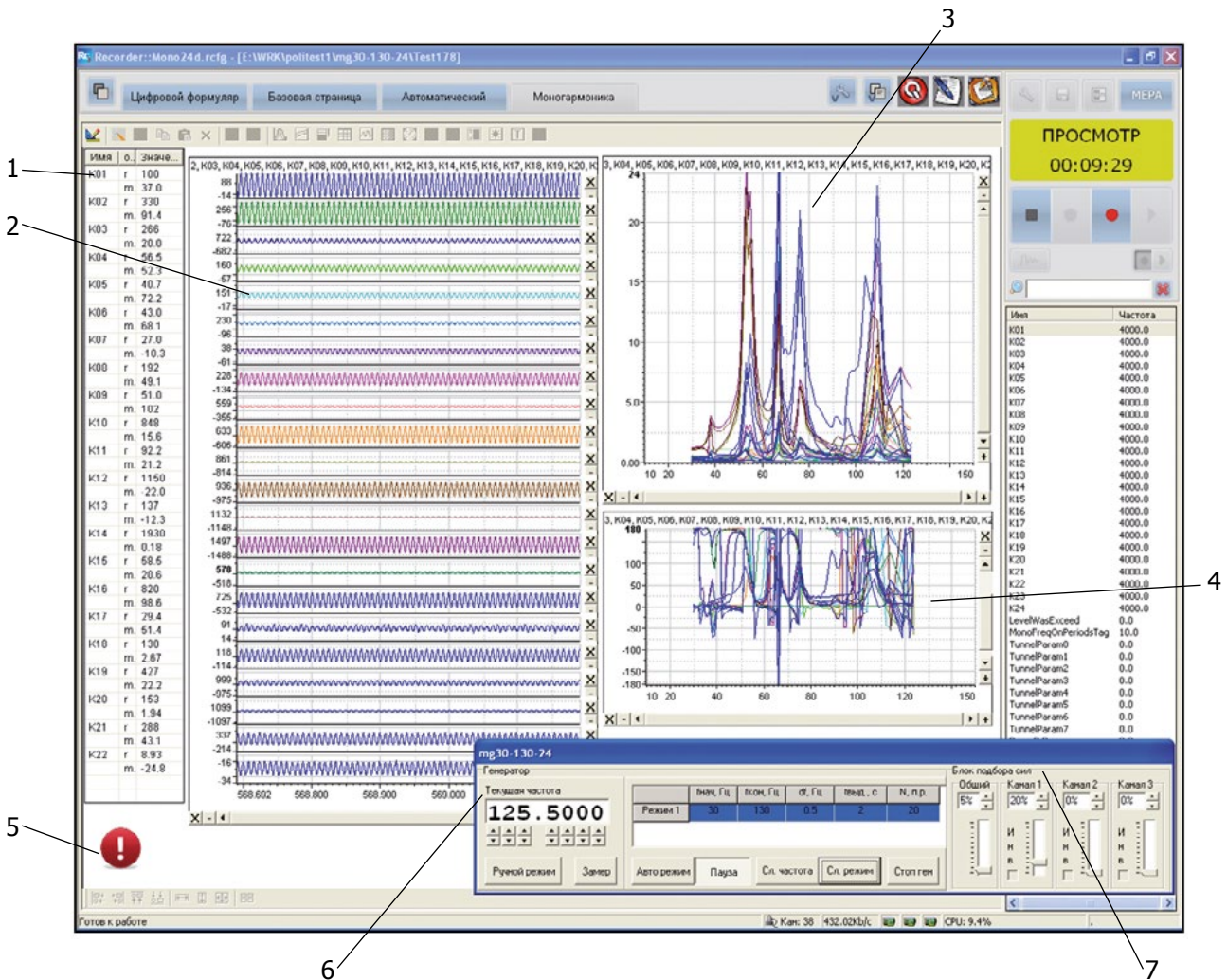


Рисунок 7.2. Формуляр испытаний при моногармоническом возбуждении

- 1 – таблица идентификаторов визуализируемых сигналов в каналах и их текущих параметров (амплитуда, среднее значение),
- 2 – окно визуализации исходного процесса (осциллограмма),
- 3 – окно визуализации модуля ЧХ (АЧХ) (в линейном или логарифмическом масштабе),
- 4 – окно визуализации ФЧХ (фазовой частотной характеристики),
- 5 – индикатор перегрузок в каналах,
- 6 – окно управления генерацией сигнала,
- 7 – блок подбора сил (управления амплитудами и фазами сигналов возбуждения).

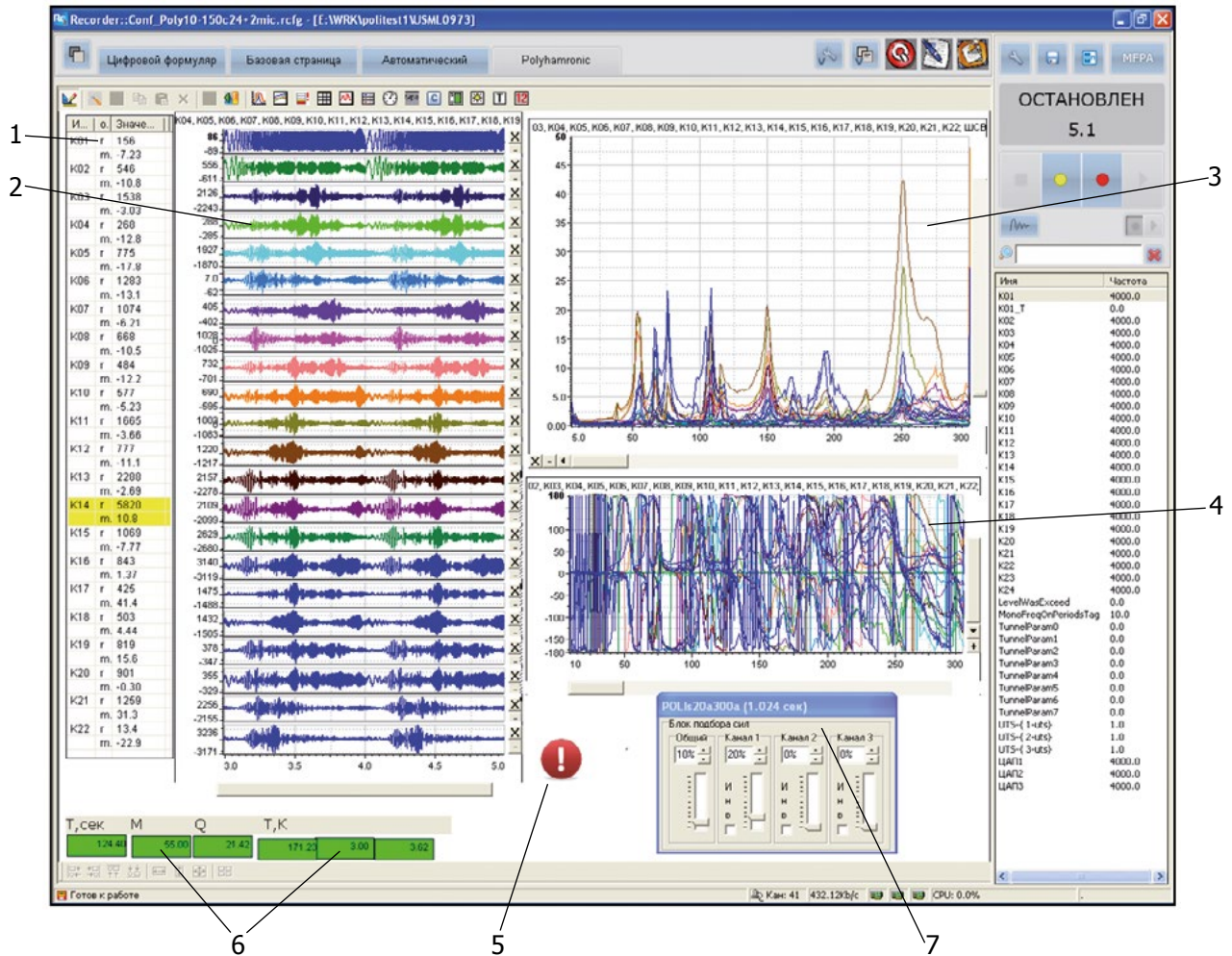


Рисунок 7.3. Формуляр для испытаний при полигармоническом возбуждении

- 1 – таблица идентификаторов визуализируемых сигналов в каналах и их текущих параметров (амплитуда, среднее значение),
- 2 – окно визуализации исходного процесса,
- 3 – окно визуализации АЧХ,
- 4 – окно визуализации ФЧХ,
- 5 – индикатор перегрузок в каналах,
- 6 – окна визуализации параметров потока, получаемых в режиме реального времени по сетевому кабелю из файла «parameterpotoka.txt» (имя файла может меняться) на ИВК оператора испытаний или на ИВК АДТ,
- 7 – блок подбора сил.

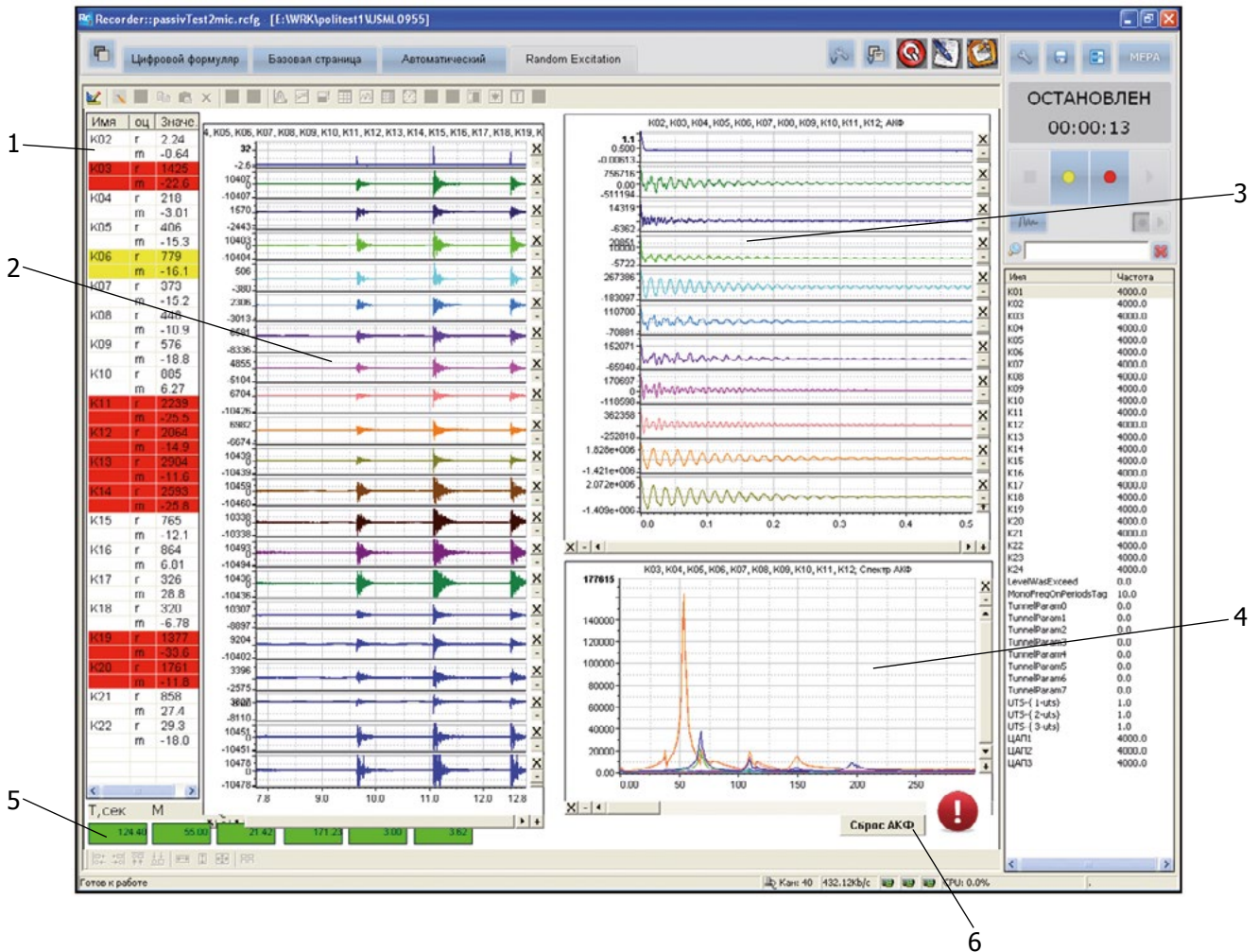


Рисунок 7.4. Формуляр испытаний без возбуждения (при внешнем неконтролируемом (турбулентном) возбуждении)

- 1 – таблица идентификаторов визуализируемых сигналов в каналах и их текущих параметров (амплитуда, среднее значение),
- 2 – окно визуализации исходного процесса,
- 3 – окно визуализации автоковариаций (АКФ),
- 4 – окно визуализации автоспектров,
- 5 – окна визуализации параметров потока, получаемых в режиме реального времени по сетевому кабелю из файла «parameterpotoka.txt» (имя файла может меняться) на ИВК оператора испытаний или на ИВК АДТ,
- 6 – кнопка сброса АКФ.

Стандартные функции ПО Recorder позволяют создавать и сохранять формуляры отображения (см. Рисунок 7.5).



Рисунок 7.5. Меню редактирования формуляра

- 1 – кнопка активации меню редактирования,
- 2 – добавление компонента «Исследование вибраций»,
- 3 – таблица значений,
- 4 – изображение кнопки,
- 5 – картинка (например, индикатор перегрузок),
- 6 – текстовая метка,
- 7 – цифровой индикатор,
- 8 – выбор эксперимента.

С помощью указанных выше кнопок можно выполнить ввод, масштабирование и перемещение компонентов окна формуляра.

В окне настройки графиков (см. Рисунок 7.6) осуществляется выбор необходимых параметров и характеристик.

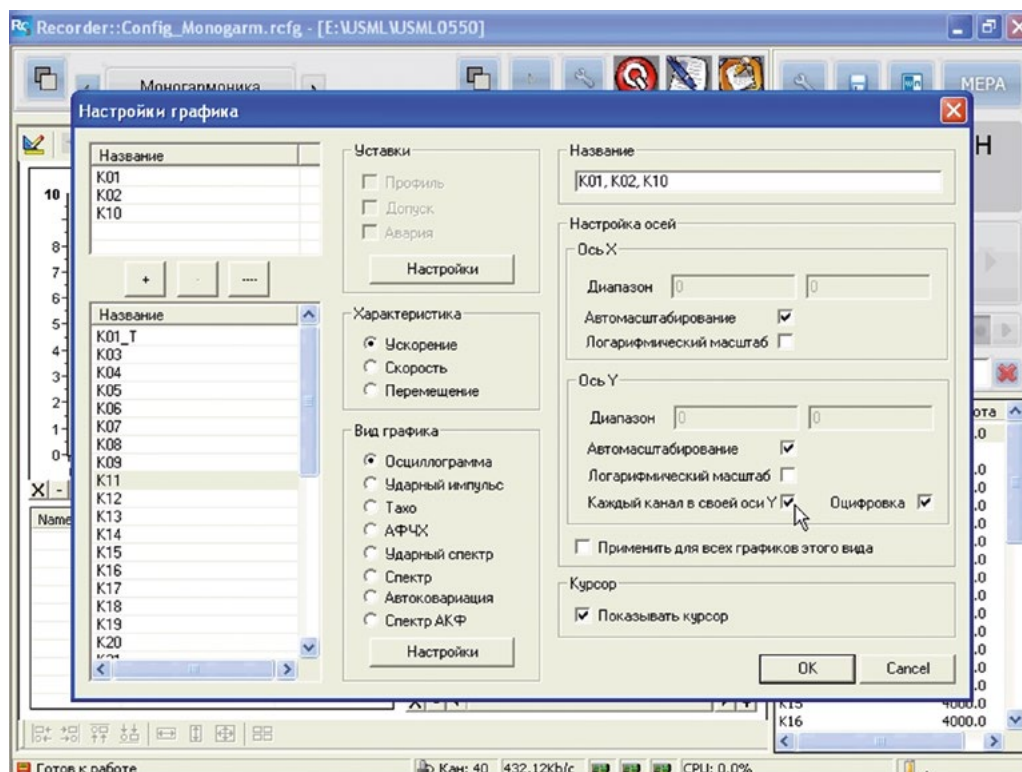


Рисунок 7.6. Панель «Настройки графика»

При дальнейшей работе созданные формуляры используются как шаблоны, в которых изменяется лишь перечень каналов.

Настройка каналов и уставок производится в ПО Recorder.

Далее описывается процесс настройки и хода испытаний.

## 1. Создание конфигураций программ испытаний

### 1.1. Конфигурация «Моногармоника»

Настройка моногармонического возбуждения (вкладка «Моногармоническое возбуждение», см. Рисунок 7.7) подразумевает указание количества шагов в испытании и настройки шагов. К настройке одного шага относятся начальная частота ( $f_{нач}$ ), конечная частота ( $f_{кон}$ ), шаг прироста частоты ( $\Delta f$ ), задержка в секундах для установления сигнала и количество периодов ( $N$  периодов), в течение которого удерживается сигнал и ведется расчет АЧХ.

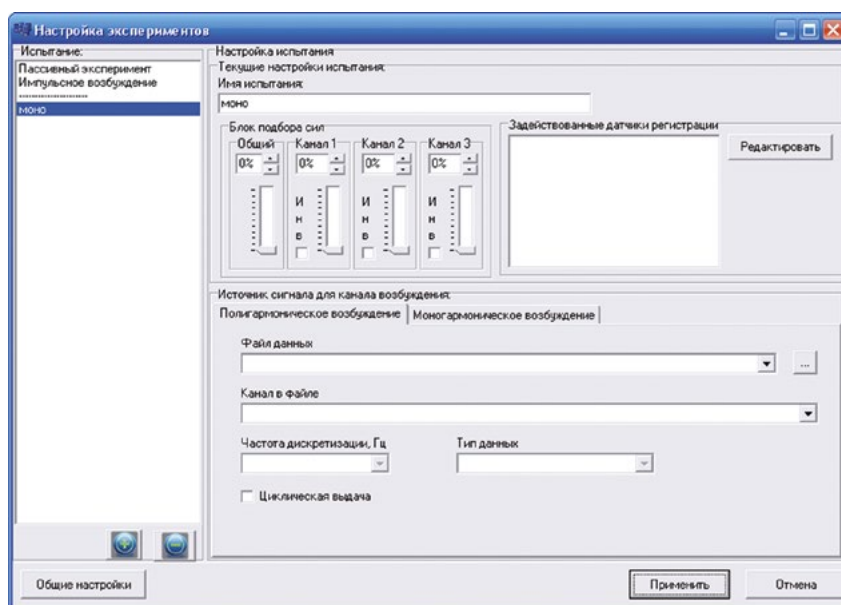


Рисунок 7.7. Основное окно программы «Плагин ЦАГИ»

### 1.2. Конфигурация «Полигармоника»

Настройка полигармонического возбуждения подразумевает выбор файла описателя и файла данных (при указании только файла данных потребуется дополнительно указать частоту сигнала и тип данных в файле). При необходимости можно настроить циклическую выдачу из файла, подразумевающую, что по окончании данных в файле, он будет читаться заново.

### 1.3. Общие настройки конфигураций

К общим настройкам относятся:

- список каналов возбуждения;
- $dt$  – время между двумя соседними записываемыми в файл результатов отсчетами по одному каналу;
- канал, по отношению к которому вычисляется ВЧХ (обычно в качестве такого канала указывается канал, по которому ведется запись сигнала генератора на выходе общего блока подбора сил);
- параметры потока:
  - полный путь к файлу параметров потока,
  - промежуток по времени между обновлениями параметров потока,
  - количество параметров потока;

- таблица параметров измерительных каналов (каждая строка таблицы соответствует одному каналу измерений, см. Рисунок 7.8).

Обозначения в таблице:

- ich - порядковый номер измерительного канала;
- kd – цифровой код датчика/канала;
- U0 – смещение нуля датчика/канала;
- tk – тарифовочный коэффициент датчика;
- kus – коэффициент усиления усилителя или коэффициент передачи аттенюатора канала;
- a1, a2 – нижняя и верхняя границы интервала напряжений в милливольтгах, при выходе за который запускается сбор (запись) сигнала в память на режиме измерений при импульсном возбуждении;
- Amin, Amax – нижняя и верхняя границы интервала напряжений в милливольтгах, при выходе за который выдается информация о перегрузках по каналу.

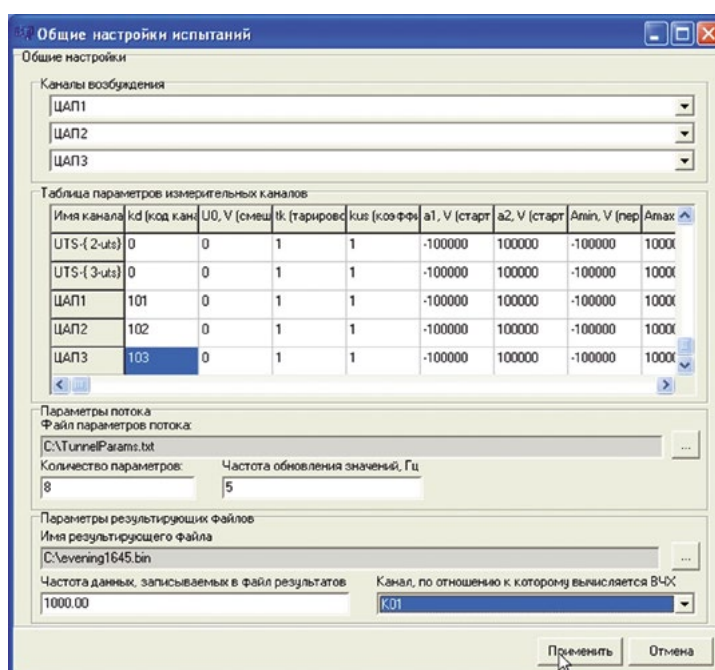


Рисунок 7.8. Общие настройки испытаний

## 2. Проведение экспериментов

### 2.1. Полигармоническое испытание

Запускается «Плагин ЦАГИ» (см. Рисунок 7.7). Настройки полигармонического испытания, имени результирующего файла (имени испытания), частоты данных записываемых в файл результатов, настройки каналов (ГХ, уставки) необходимо сохранить, убедившись предварительно в их корректности.

Выбирается файл испытания и начинается эксперимент (см. Рисунок 7.9).

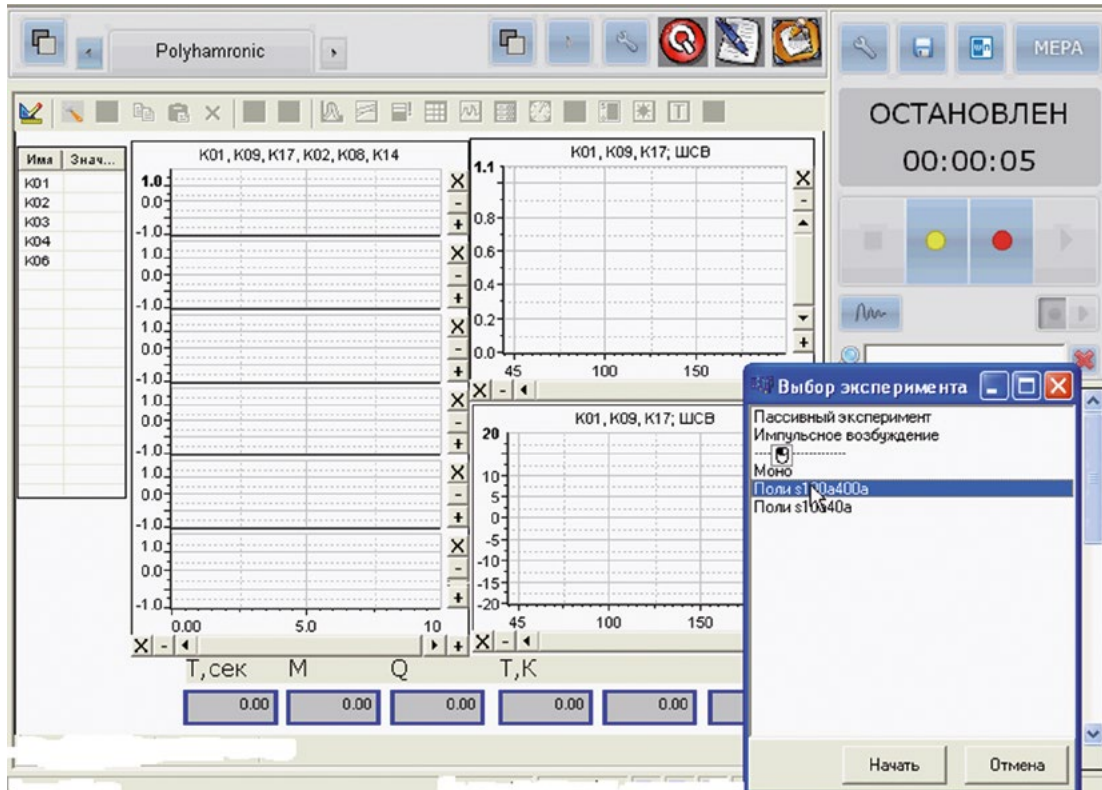


Рисунок 7.9. Выбор файла испытаний

С помощью блока подбора сил осуществляется выход на режим, затем включается запись (см. Рисунок 7.10).

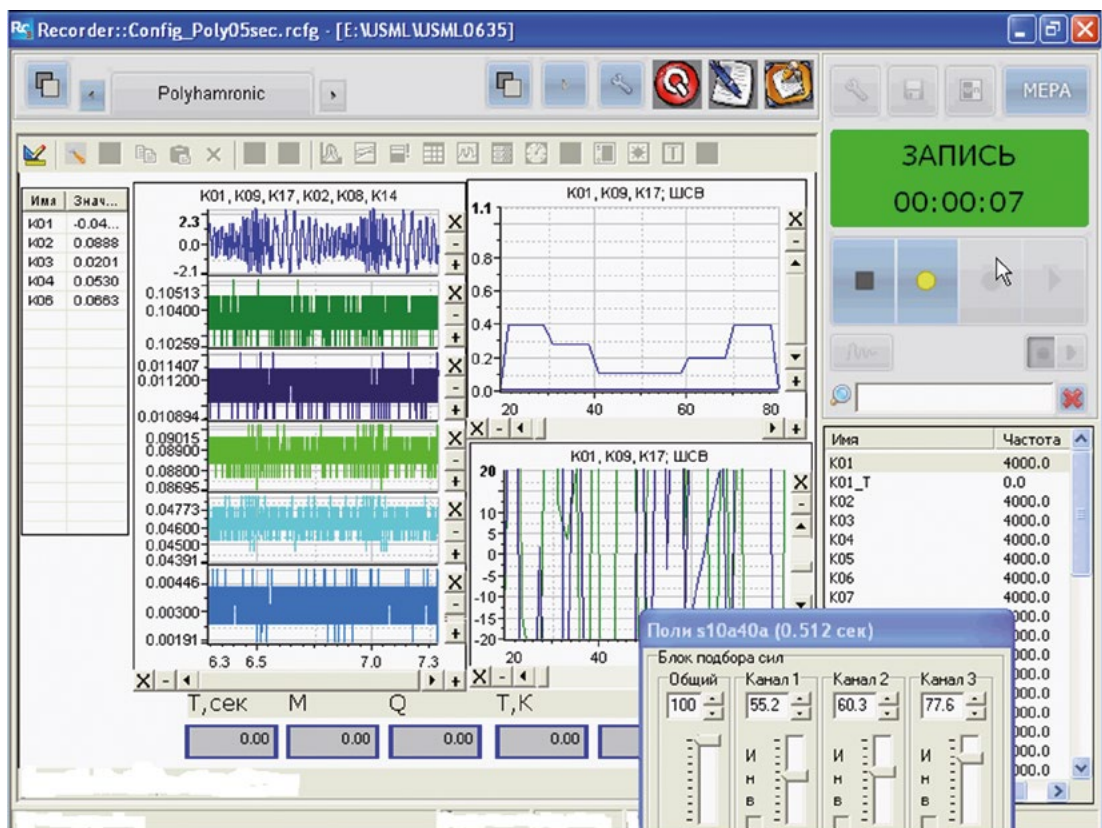


Рисунок 7.10. Запись данных испытания



### 2.2. Моногармоническое испытание

Действия осуществляются аналогично описанному в разделе «Полигармоническое испытание».

### 2.3. Пассивный эксперимент

Загружается конфигурация проводимого эксперимента аналогично описанному в разделе «Полигармоническое испытание» (см. Рисунок 7.11).

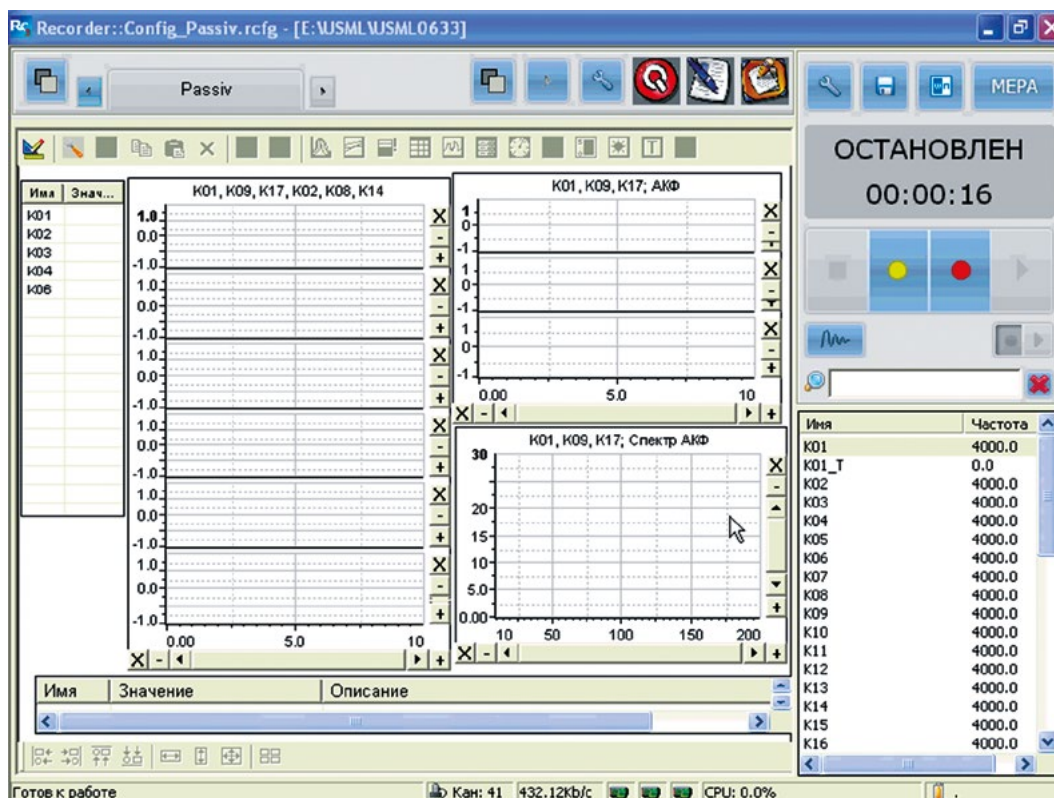


Рисунок 7.11. Экранная форма пассивного эксперимента

В окне «Настройка» (см. Рисунок 7.12) устанавливается время регистрации.

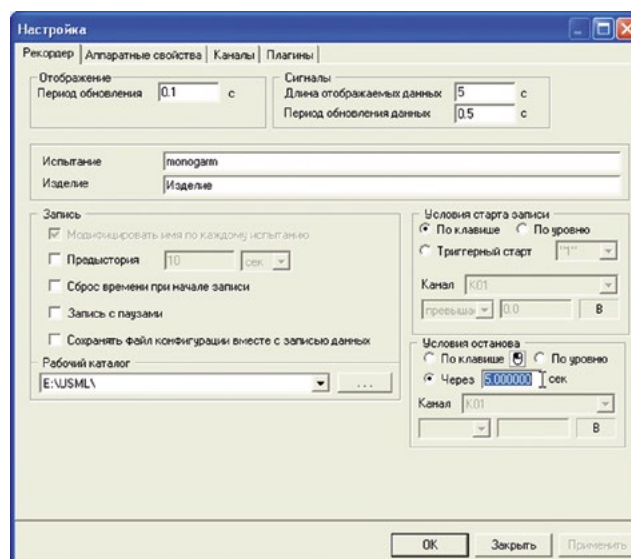


Рисунок 7.12. Окно «Настройка»

После сохранения настроек включается регистрация данных эксперимента (см. Рисунок 7.13).

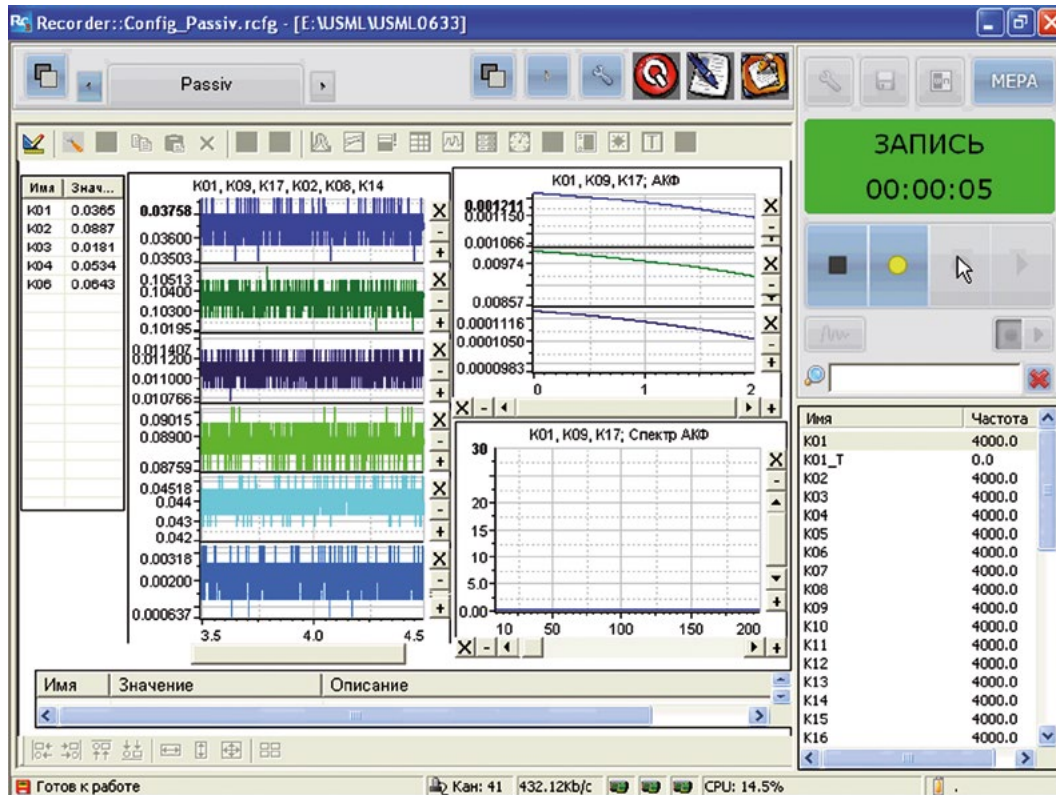



Рисунок 7.13. Запись пассивного эксперимента

Регистрация прекращается через указанное в настройках время.

### 3. Преобразование записи

#### 3.1. Моногармоническое испытание

По окончании испытания при нажатии  (см. Рисунок 7.11), открывается ПО WinПОС и форма преобразования результатов испытания (см. Рисунок 7.14). Выбранные файлы данных объединяются в файл отчёта.

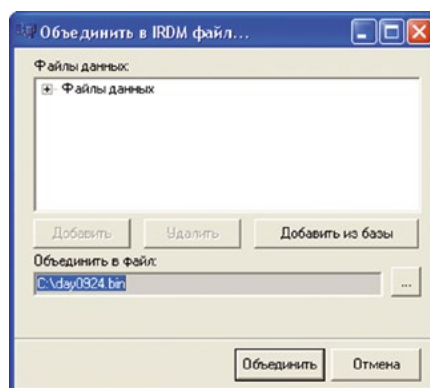


Рисунок 7.14. Окно преобразования файлов

Ниже приводится пример распечатки файла результатов измерений.

```

0 iz
5 nch
1 24 110 112 113 kd
0 np
p
1 iop
1.0000E+00 5.5755E+02 3.5998E+02 9.9964E-01 3.5998E+02 1.0095E-03 3.5999E+02 8.7475E-04 3.5999E+02 9.0989E-04 3.5999E+02
2.0000E+00 5.5754E+02 1.3184E-03 9.9965E-01 3.5048E-03 1.0095E-03 1.9060E-02 8.7477E-04 1.8906E-02 9.0992E-04 1.8598E-02
3.0000E+00 5.5754E+02 3.5998E+02 9.9965E-01 3.5998E+02 1.0095E-03 4.8005E-03 8.7476E-04 4.5699E-03 9.0991E-04 4.1085E-03

```

Рисунок 7.15. Пример распечатки файла результатов измерений АФЧХ после преобразования в текстовый формат

Обозначения:

iz – номер серии измерений;

nch – количество измеряемых каналов; в следующей за этой строке приводятся номера\идентификаторы каналов;

np – количество параметров, определяющих состояние объекта испытаний;

p – массив значений параметров;

iop – номер канала, по отношению к которому измерялась частотная характеристика.

Далее следуют частота, амплитуды и фазы частотных характеристик каналов измерений. Для опорного канала (канал №1 в данном примере) результаты приводятся в величинах напряжений, например, в милливольтях.

Последние три канала являются каналами ЦАП.

### 3.2. Полигармоническое испытание

Запустив WinПОС, вызывается окно преобразования файлов. Нажатием кнопки «Добавить из базы» (см. Рисунок 7.16) вызывается окно базы данных (см. Рисунок 7.17).

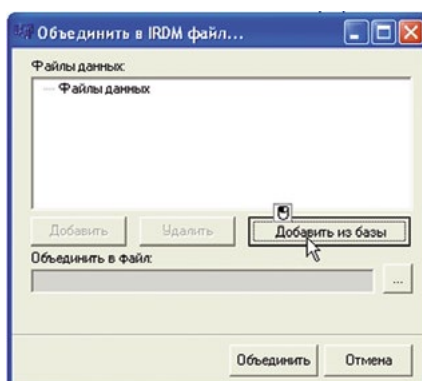


Рисунок 7.16. Окно преобразования файлов

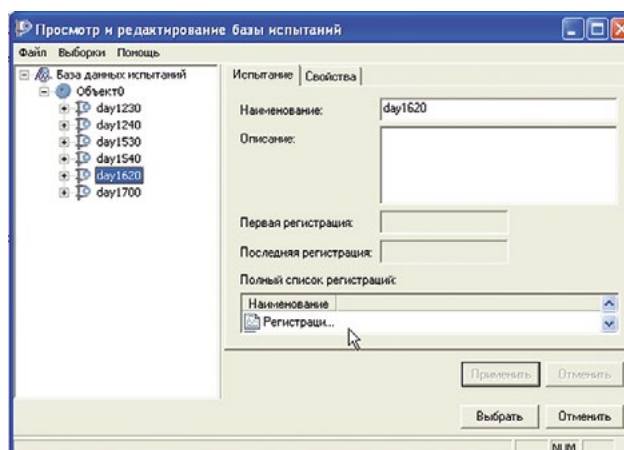


Рисунок 7.17. Окно базы данных

Из дерева файлов в левой части окна выбираются файлы данных, зарегистрированных в процессе испытаний, и объединяются в файл отчёта (см. Рисунок 7.18).

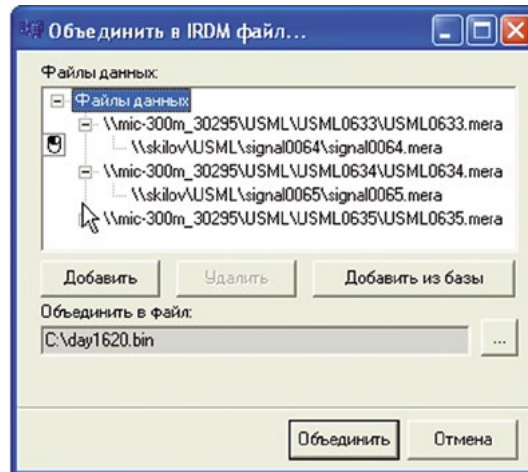


Рисунок 7.18. Объединение данных

Обрабатываемые сигналы будут отображаться в окне WinПОС (см. Рисунок 7.19).

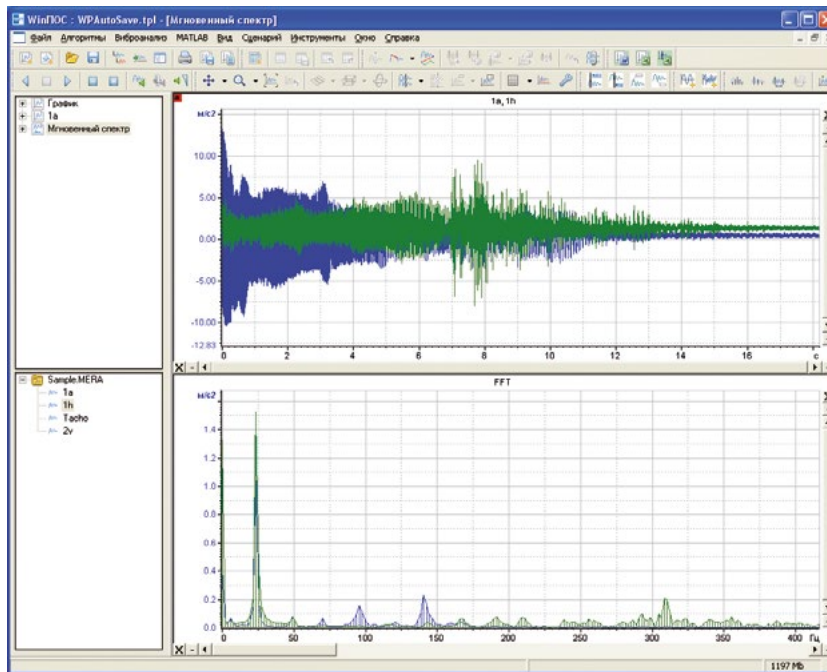


Рисунок 7.19. Окно WinПОС

## Специализированное ПО управления теплопрочностными и повторно-статическими испытаниями

ПО предназначено для работы в составе систем управления воздействующим оборудованием при теплопрочностных и повторно-статических испытаниях техники. В качестве основных аппаратных средств данных систем используются многоканальные измерительно-вычислительные комплексы серии МІС производства НПП «МЕРА». Программа управляет процессом нагревания испытываемой конструкции, которое осуществляется при помощи инфракрасных нагревателей с излучателями в виде трубчатых кварцевых ламп накаливания. В качестве силовозбудителей используются электромеханические или гидравлические системы нагружения, имитирующие механические воздействия на объект.

Программно-аппаратный комплекс системы управления теплопрочностными и повторно-статическими испытаниями, осуществляет:

- подготовку к эксперименту, ввод циклограмм управления;
- регулирование параметров воздействующих на объект испытаний факторов (температуры, механических воздействий) по введенной циклограмме;
- регистрацию измерительной информации на жесткий диск;
- воспроизведение и отображение процесса регулирования.

Управление работой аппаратной части системы осуществляется посредством двухуровневого ПО.

ПО нижнего уровня осуществляет регулирование в режиме реального времени, выдавая управляющее воздействие и изменяя тем самым состояние объекта управления. При этом алгоритм, вычисляющий величину управляющего воздействия, минимизирует разницу между регистрируемым и заданным в циклограмме испытания состоянием системы. Аналоговый управляющий канал представляет собой цифровой регулятор, работающий по одному из заданных алгоритмов. Для повышения быстродействия цифровой регулятор реализован на уровне крейт-контроллера и представляет собой программный модуль, у которого есть входной канал, выходной канал и канал для установки эталонного значения. Настройка регулятора (введение коэффициентов и циклограммы) осуществляется посредством специализированного плагина теплопрочностных испытаний к ПО Recorder.

ПО верхнего уровня (Recorder и плагин теплопрочностных испытаний) осуществляет:

- диагностику измерительных модулей;
- градуировку и калибровку измерительных каналов;
- настройку всех параметров эксперимента (см. Рисунок 8.1):
  - каналов обратной связи;
  - каналов управления;
  - аварийных параметров;
  - задание циклограммы испытания;
  - задание параметров замкнутого контура управления;
- проведение эксперимента в автоматическом режиме;
- воспроизведение и отображение данных эксперимента в графическом и табличном виде, в виде мнемосхем и схемы испытания;
- сохранение и загрузку конфигурации испытания;
- работу экспертной системы.

По каждому типу испытаний создаётся структура данных (экспертная система), в которой хранятся:

- зарегистрированные данные всех проведённых пусков, включая величины управляющих воздействий по каждому регулятору;
- список завершённых удачно пусков;
- коэффициенты регуляторов;
- конфигурация обратных связей;
- характеристики изделия и испытания;
- «усреднённый пуск».

При формировании нового типа испытания существующие могут использоваться в качестве шаблона. При создании «усреднённого пуска» экспертная система берёт в качестве исходных данных информацию, зарегистрированную во время предыдущих удачных пусков. После удачного завершения испытания или в случае изменения оператором списка удачных пусков данные, хранящиеся в «усреднённом пуске», обновляются.

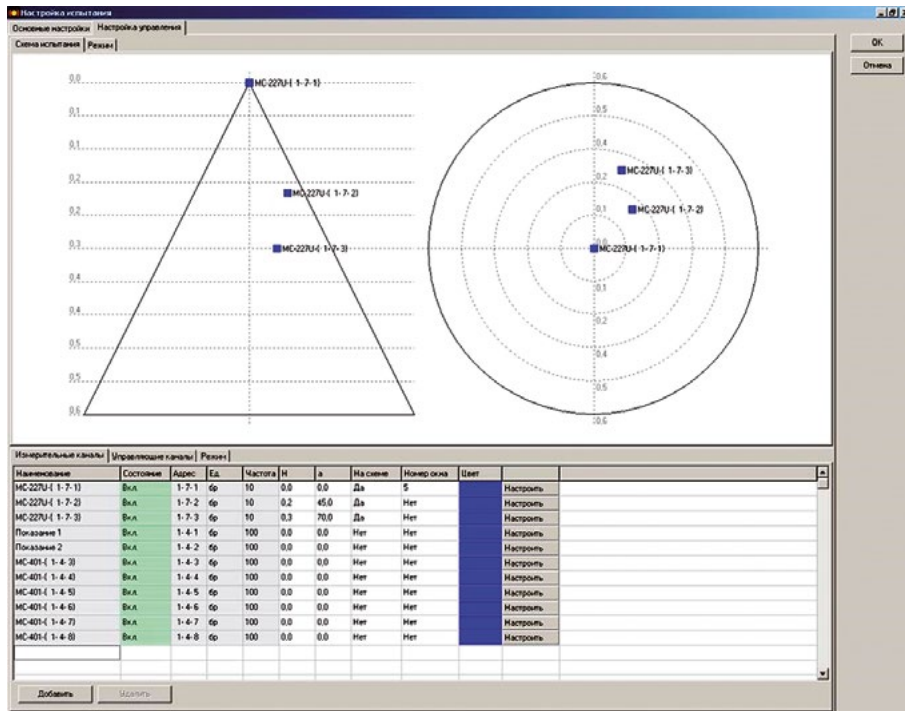


Рисунок 8.1. Окно «Настройка испытаний»

## Специализированное ПО управления тепловакуумными испытаниями

ПО управления тепловакуумными испытаниями предназначено для обеспечения теплового режима на заданных участках изделия при испытаниях для проверки герметичности, отработки конструкции при термоциклировании, проверки функционирования механизмов, гидросистем и других систем в условиях вакуума при различных температурах.

Системы управления и измерения средств обеспечения теплового режима (СУИ СОТР) и теплового имитатора панели полезной нагрузки (СУИ ИТ ППН) обеспечивает:

- индикацию и регистрацию показаний датчиков температуры;
- управление работой и подачу постоянного напряжения (до 500 Вт на канал) на регулятор напряжения электронагревательных элементов (ЭНЭ);
- индикацию состояния каждой группы ЭНЭ;
- индикацию и регистрацию потребляемой мощности каждой группы ЭНЭ.

Помимо этого СУИ ИТ ППН осуществляет индикацию суммарной потребляемой мощности и обеспечивает возможность перехода на ручное управление каждой группой ЭНЭ. При выходе из строя двух из трех датчиков температуры по любой группе ЭНЭ СУИ СОТР осуществляет автоматический переход на управление по настроечным параметрам, с учетом состояния ЭНЭ (вкл./откл.) на момент выхода из строя датчиков, с одновременной выдачей информации об их отказе.

ПО стендовых СУИ СОТР и СУИ ИТ ППН (ПО Recorder и специальный плагин) обеспечивает:

- тестирование и настройку измерительной и управляющей аппаратуры;
- анализ и отработку аварийных и нештатных ситуаций и вывод соответствующей информации оператору в визуальной и звуковой форме;
- отображение на экране:
  - измеряемых параметров температуры текущего режима;
  - измеряемых параметров потребляемой мощности ЭНЭ;
  - состояния ЭНЭ (Вкл./Выкл.);
  - текущего времени;
- запись на жесткий диск и передачу на сервер измеренной информации;
- вывод на печать в режиме реального времени измеряемых параметров текущего режима.

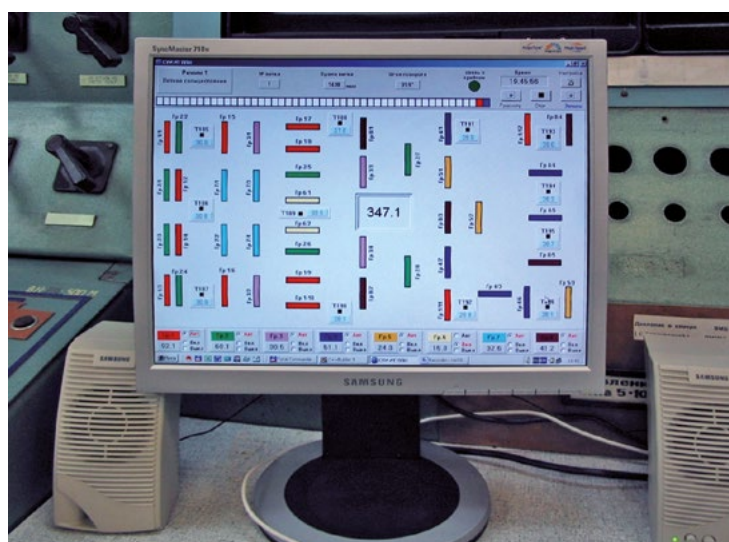


Рисунок 9.1. Формуляр отображения информации СУИ СОТР и СУИ ИТ ППН

Управление работой ЭНЭ осуществляется как по заранее заданной циклограмме испытаний, так и по команде оператора. На экран выводятся показания текущих значений тока, напряжения и электрической мощности, а также заданное значение электрической мощности и индикация «Вкл./Выкл.» по каждому каналу.

## ПО программно-аппаратного комплекса проверки бортовых систем измерений

Специализированное программное обеспечение автоматизированной контрольно-проверочной аппаратуры систем измерений (СПО АКПА СИ) функционирует на аппаратных средствах АКПА СИ и предназначено:

- для разработки рабочей конфигурации АКПА СИ под конкретное изделие, её сохранения, отработки и загрузки;
- для формирования и выдачи команд управления в СИ и приема команд контроля состояния СИ;
- для приема и контроля аналоговых параметров СИ;
- для осуществления проверки целостности цепей наземной кабельной сети (НКС);
- для управления процессом приема, регистрации, декоммутации и отображения телеметрической информации (ТМИ) по нескольким каналам.

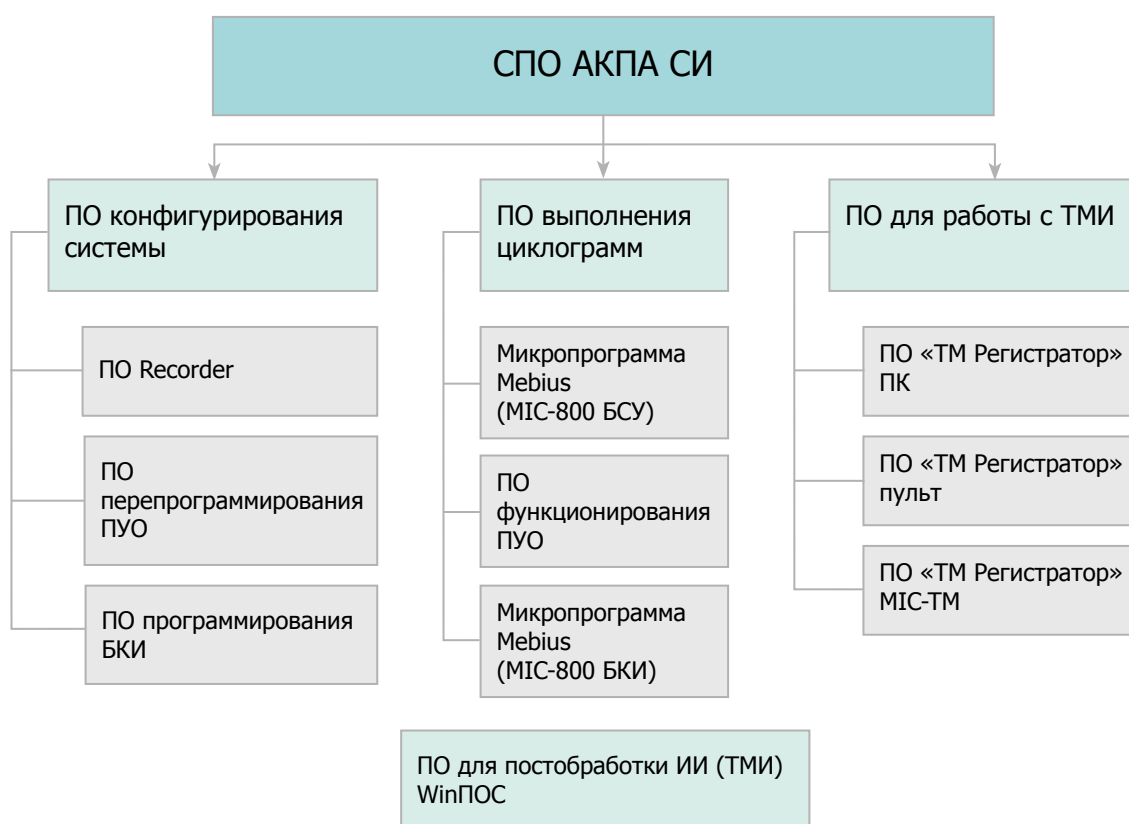


Рисунок 10.1. Структура СПО АКПА СИ

### Функции частей СПО

ПО конфигурирования системы функционирует в составе технологического компьютера в процессе настройки системы для работы с конкретным изделием и позволяет осуществлять:

- настройку системы команд и отображаемых параметров на пультах ручного управления оператора;
- конфигурирование рабочих цепей соединительных кабелей;
- загрузку сформированных циклограмм в память вычислительного управляющего комплекса блока силового управления MIC-800 БСУ;
- задание режимов работы блока контроля и индикации, отвечающих режимам работы имитируемых бортовых радиотелеметрических систем (БРТС).



ПО выполнения циклограмм в составе микропрограммы Mebius (MIC-800 БСУ) предназначено для работы в составе вычислительного управляющего комплекса MIC-800 БСУ в процессе штатной работы.

Функции ПО выполнения циклограмм:

- формирование команд управления в соответствии с программой испытаний в виде последовательности выдачи команд (циклограмм) с программированием условий их выдачи;
- контроль аналоговых и сигнальных параметров БРТС в соответствии с программой испытаний.

ПО функционирования пульта ручного управления оператора (ПУО) работает под управлением ОС Linux в составе пультов ручного управления оператора в процессе штатной работы и предназначено для:

- выдачи с сенсорного экрана ПУО команд управления СИ согласно настроенной системе команд;
- отображения контроля выдачи команд;
- отображение контроля исполнения выданных команд;
- отображение значений аналоговых параметров, контролируемых в процессе управления;
- протоколирования работы системы (ведение журнала выдачи команд управления и контроля) с возможностью печати результатов проверок.

ПО выполнения циклограмм, функционирующее в составе микропрограммы Mebius на комплексе вычислительном управляющем блока контроля и имитации MIC-800 БКИ на этапе отработки схемы испытаний предназначено для:

- загрузки сформированных циклограмм реакций по цифровым и аналоговым параметрам, отвечающим реакциям БРТС конкретного изделия;
- формирования команд ответов при проверке целостности электрических цепей НКС.

ПО для работы с ТМИ функционирует:

- в составе выделенных ПУО в процессе штатной работы – предназначено для табличного отображения в режиме реального времени ограниченного набора декоммутируемых параметров из потока ТМИ для оценки основных характеристик изделия;
- в составе ТМР (ПК с ПО «ТМРегистратор» под управлением ОС Windows) – предназначено для конфигурирования каналов приема ТМИ в приемнике-демодуляторе MIC-ТМ на этапе настройки системы и графического отображения декоммутируемых параметров в процессе штатной работы как в режиме реального времени, так и в процессе постобработки с использованием ПО WinПОС;
- в составе приемника-демодулятора MIC-ТМ в процессе штатной работы – предназначено для регистрации, декоммутации и передачи по UDP-протоколу потоков ТМИ в сеть Ethernet.

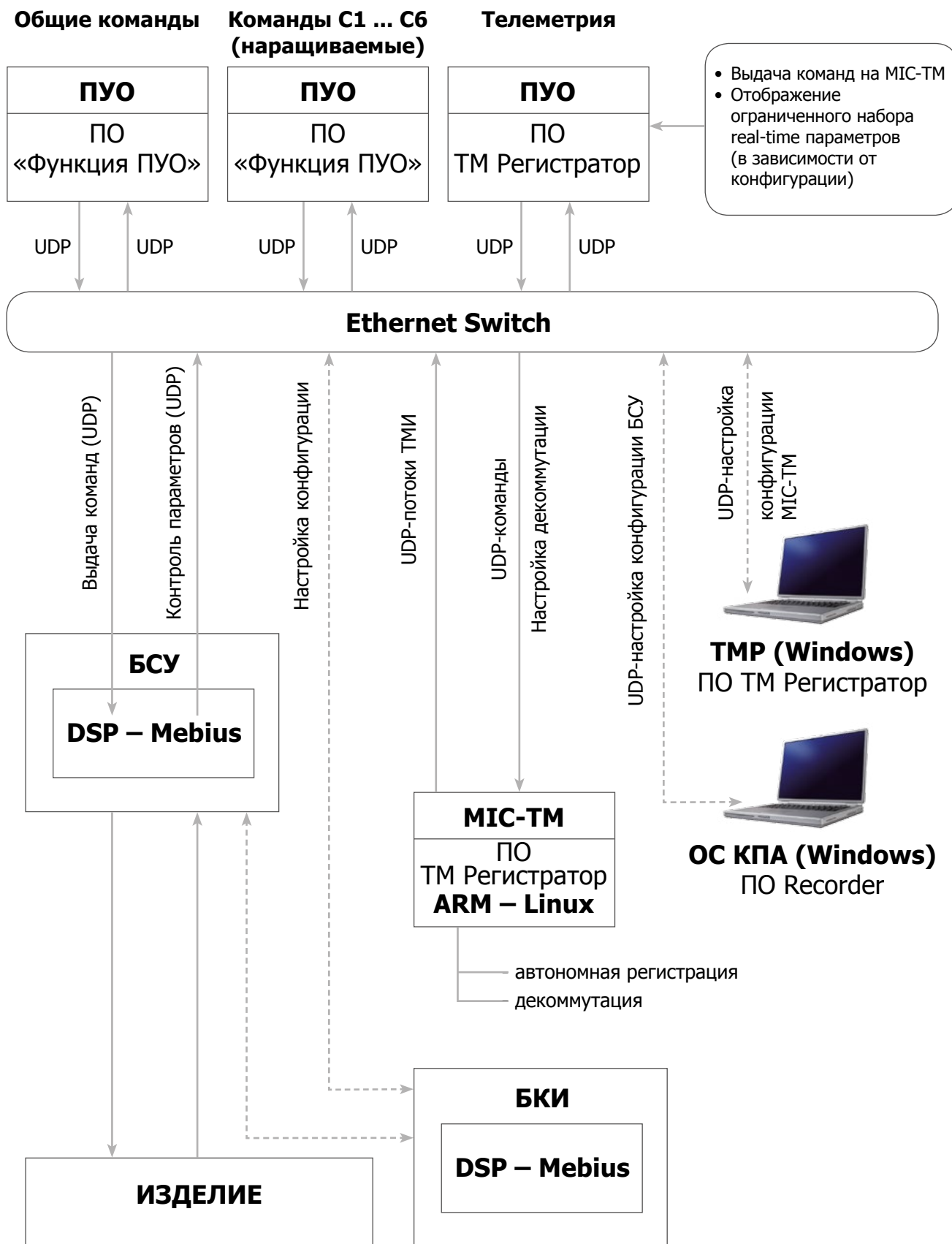


Рисунок 10.2. Схема функционирования СПО на аппаратных средствах АКПА СИ

## ПО пультов управления испытаниями и инициирования пиротехнических средств

Данное программное обеспечение предназначено для проведения испытаний изделий ракетно-космической отрасли на стендах, оснащённых пультами управления испытаниями и инициирования пиротехнических изделий (ПУИ). НПП «МЕРА» реализовано и развёрнуто у заказчиков нескольких разновидностей ПУИ.

Алгоритмы испытаний указанного вида реализуются с высокоточной привязкой к оси времени, осуществляя:

- приём, обработку и регистрацию дискретных и аналоговых сигналов от систем обеспечения испытания и от систем самого испытываемого изделия;
- формирование и выдачу (с обязательной регистрацией) сигналов управления системами обеспечения испытания и системами самого испытываемого изделия;
- инициирование пиротехнических средств с регистрацией сигналов инициирования.

Реализация каждого алгоритма испытаний рассматриваемого типа в обязательном порядке состоит из следующих частей:

- подготовительная (проверка исправности систем обеспечения безопасности, систем стенда для обеспечения испытания и систем самого испытываемого изделия, приведение их в состояние готовности к проведению испытания);
- собственно испытание (реализация циклограммы с предварительной проверкой готовности и срабатывания соответствующих систем, регистрация сигналов управления, готовности, инициирования пиротехнических средств и т. п.);
- завершение (контроль срабатывания пиротехнических средств и систем объекта испытаний, принятие решения о возможности доступа персонала в опасную зону).

Переход от одной части к другой осуществляется по директивам оператора, которые выдаются на основе предоставляемых ему ПО результатов контроля состояния элементов безопасности и органов управления.

ПО предоставляет возможность автономных проверок систем безопасности, систем стенда, обеспечивающих испытания, цепей инициирования пиротехнических средств и управления состояниями пиротехнических средств. Такие проверки выполняются в период подготовки стендов к испытаниям объектов (при монтажных и пуско-наладочных работах), а также при периодическом обслуживании оборудования.

ПО ПУИ обеспечивает:

- высокую гибкость настройки на оборудование, задействованное в испытаниях, что позволяет настраивать ПО на работу с различными логическими и физическими конфигурациями оборудования (Для этого используются классы объектов «сценарий», «канал» и «линия», а также ряд объектов для описания объектов класса «сценарий» (например, «стенд», «дверь стенда», «технологическая система управления», «технологическая система контроля»). Конкретный вариант алгоритма испытания (сценарий) представляет собой последовательность операций, реализующую все части алгоритма испытания (подготовительную, собственно испытание, завершение). Операции по приёму данных от датчиков стенда, системы обеспечения безопасности, пульта ручного управления (ПРУ) выполняются с входными каналами, а операции по выводу команд на управление системами стенда, объекта и средствами инициирования – с выходными каналами. Каналы при настройке ПО связываются (коммутируются) с конкретными сигнальными линиями, реализуемыми аппаратурой ПУИ.);
- высокую производительность процессов сбора и регистрации данных и минимальное время реакции на сигналы готовности и срабатывания соответствующих систем (Для этого циклограмма собственно испытания, представляющая собой последовательность команд управления аппаратурой ПУИ, создаётся и настраивается при формировании конкретного сценария, на подготовительной части испытания загружается во внутреннюю память контроллера ПУИ, а затем исполняется контроллером (без участия компьютера АРМ оператора) по получению сигнала «Пуск» с ПРУ.);

- протоколирование и документирование результатов выполнения проверок оборудования (с помощью плагинов тестирования), сформированных сценариев, хода и результатов исполнения сценариев испытаний.

ПО реализовано в виде плагина программы Recorder. Регистрация сигналов в ходе исполнения сценариев испытаний осуществляется программой Recorder. Для удобства настройки ПО, средствами Recorder обычно выполняется именование линий ввода/вывода сигналов, отражающее их назначение.

При формировании сценария испытания и исполнении собственно испытания ПО ПУИ взаимодействует с ещё одним продуктом НПП «МЕРА» – ПО «Циклограммы», которое представляет собой два плагина Recorder. ПО «Циклограммы» позволяет создавать циклограммы, редактировать и исполнять их, а так же отображать ход подготовки к исполнению и непосредственно само исполнение циклограмм на виртуальном пульте управления.

ПО построено в форме модулей, вызываемых через систему меню.

Доступ к различным частям функционала ПО реализован на основе механизма ролей с аутентификацией по паролю. Обеспечена работа пользователей, наделённых ролями «Техническая поддержка», «Руководитель испытаний», «Старший оператор», «Оператор», «Ученик».

В плагине возможны следующие настройки:

- Настройка типов пиропатронов (см. Рисунок 11.1) – настройка пиропатронов (ПП), которые в зависимости от типа могут требовать помимо инициирования предварительного «взведения» (снятия внутренней защиты) или «возврата» (установки защиты) (Управление взведением/возвратом ПП выполняется электрическими сигналами определённой продолжительности и напряжения по специальным линиям. ПП, обеспеченные управлением положением (взведением/возвратом), имеют цепи контроля положения, причём их состояния для разных типов могут отличаться для одного и того же положения.);
- Настройка блока безопасности (см. Рисунок 11.2) – настройка элементов безопасности («Настройка ворот» и «Настройка рубильников», вводятся названия ворот, дверей стенда, рубильников и указываются их рабочие положения при проведении испытаний); Ток инициирования подводится к ПП по линиям инициирования, в которые могут включаться элементы физического разрыва линий («рубильники»); Рубильники линий инициирования, двери и ворота стенда являются элементами безопасности, заложенными в логику описания стенда, поэтому до настройки стенда осуществляется настройка этих элементов;
- Настройка линий инициирования (см. Рисунок 11.3);

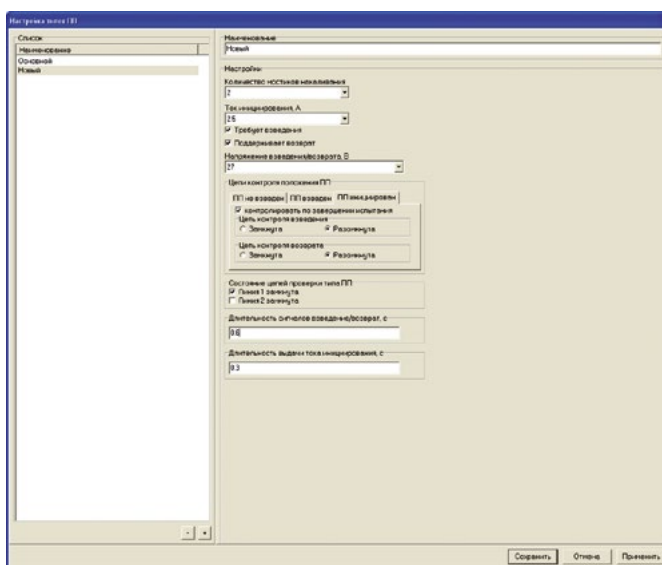


Рисунок 11.1. Окно настройки параметров пиропатрона

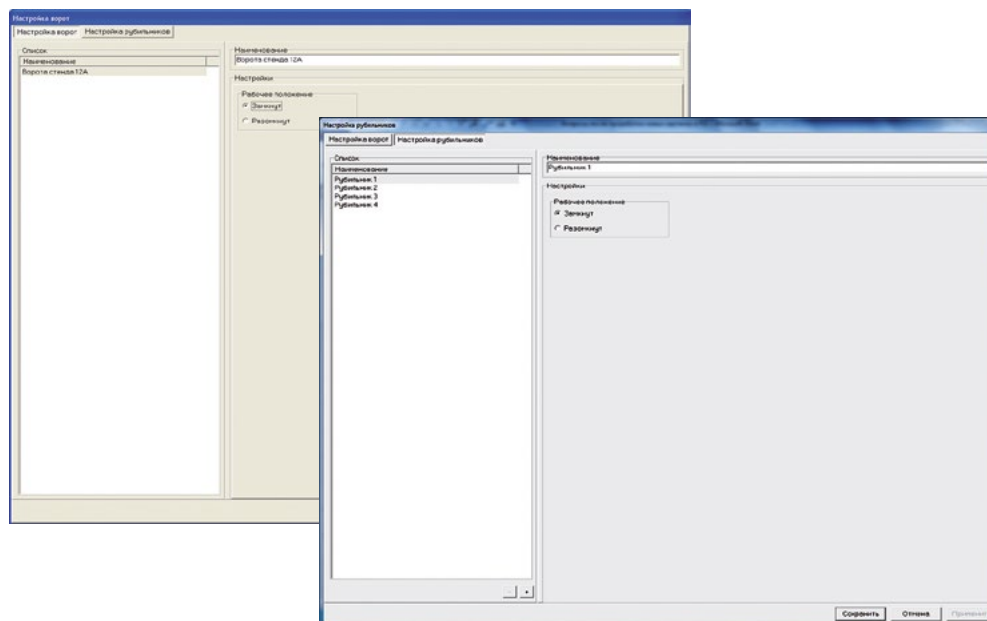


Рисунок 11.2. Настройка блока безопасности.  
Вкладки «Настройка ворот» и «Настройка рубильников»

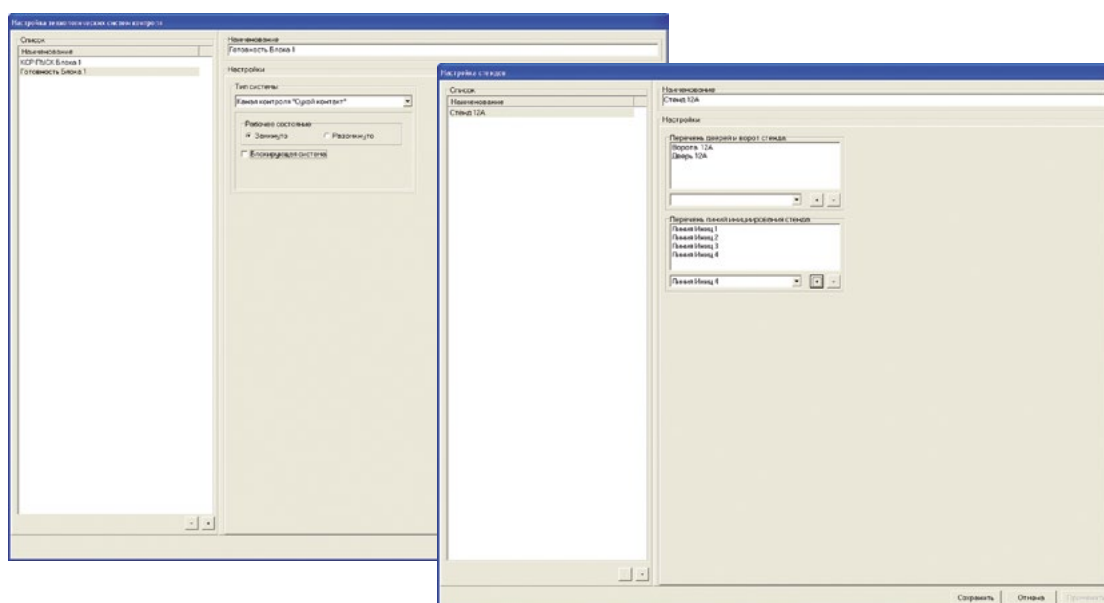


Рисунок 11.3. Настройка линий иницирования и стенов

- Настройка стенов – в данном окне могут быть созданы описания нескольких стенов, используемых при проведении испытаний с помощью ПУИ (см. Рисунок 11.3);
- Настройка технологических систем управления – описываются каналы управления системами обеспечения испытаний и системами испытываемого объекта; вводятся имена каналов и для каждого из них указываются параметры импульсного сигнала управления (см. Рисунок 11.4);
- Настройка технологических систем контроля – описываются каналы контроля систем обеспечения испытаний и систем испытываемого объекта; вводятся имена каналов и для каждого из них выбирается тип системы из выпадающего списка: «Канал контроля «Сухой контакт», «Канал контроля «Диапазон напряжения», «Канал контроля реле», «Канал контроля тумблера» (см. Рисунок 11.4);

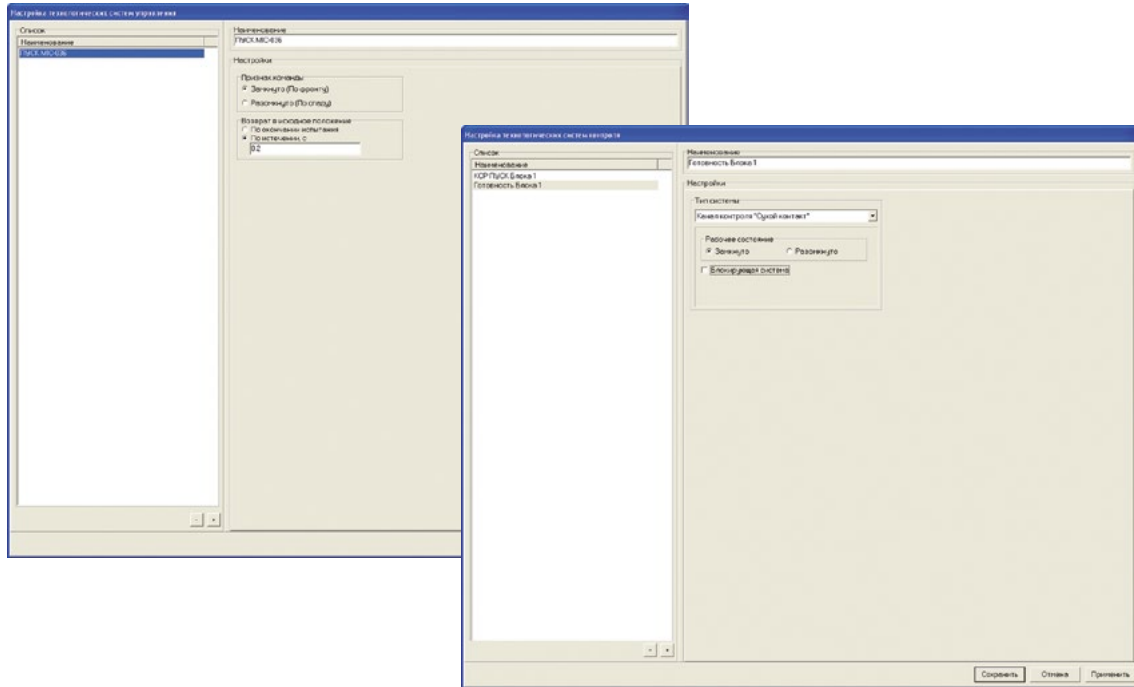


Рисунок 11.4. Настройка технологических систем управления и контроля

- После выполнения общих настроек производится логическая «коммутация» созданных и настроенных каналов на имеющиеся аппаратные линии, описанные в программе Recorder (см. Рисунок 11.5).

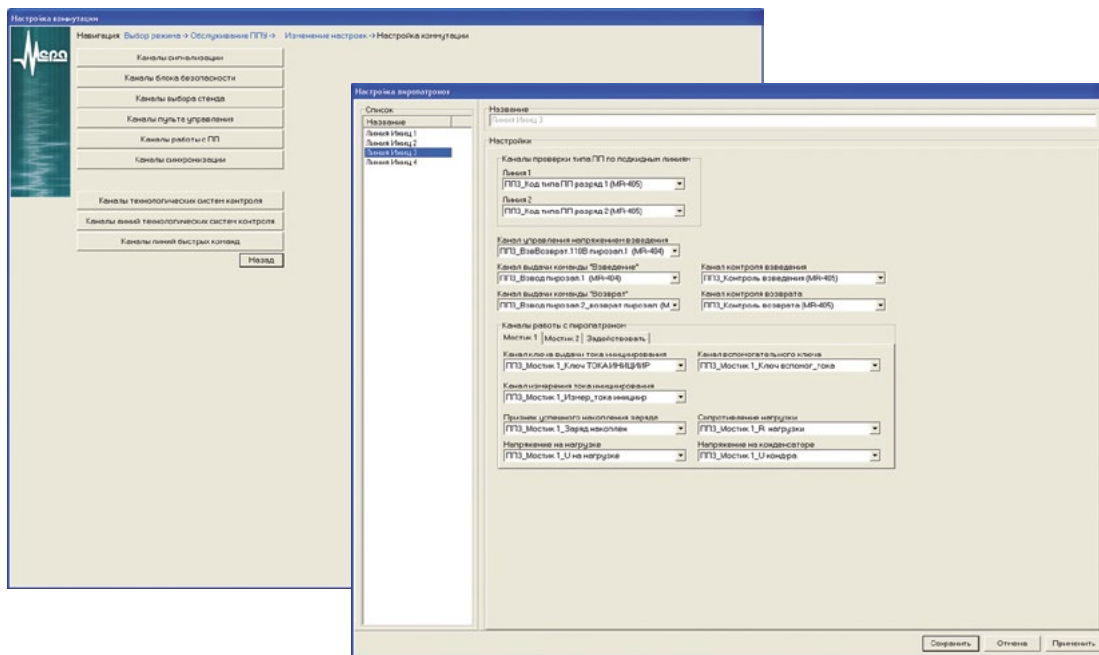


Рисунок 11.5. Меню настройки коммутации и пример настройки коммутации каналов инициирования, управления и контроля ПП на линии

Для одного ПП требуется выполнить коммутацию 21 канала на аппаратные линии. Выбор каждой аппаратной линии осуществляется из выпадающего списка всех имеющихся аппаратных линий, описанных в программе Recorder для конкретного ПУИ.

Аналогично осуществляются настройки коммутации для каналов блока безопасности, ПРУ, технологических систем управления, технологических систем контроля и т. д.

## Формирование сценариев испытаний

После выполнения общих настроек и «коммутации» каналов на аппаратные линии обеспечена возможность формирования сценариев испытаний (см. Рисунок 11.6).

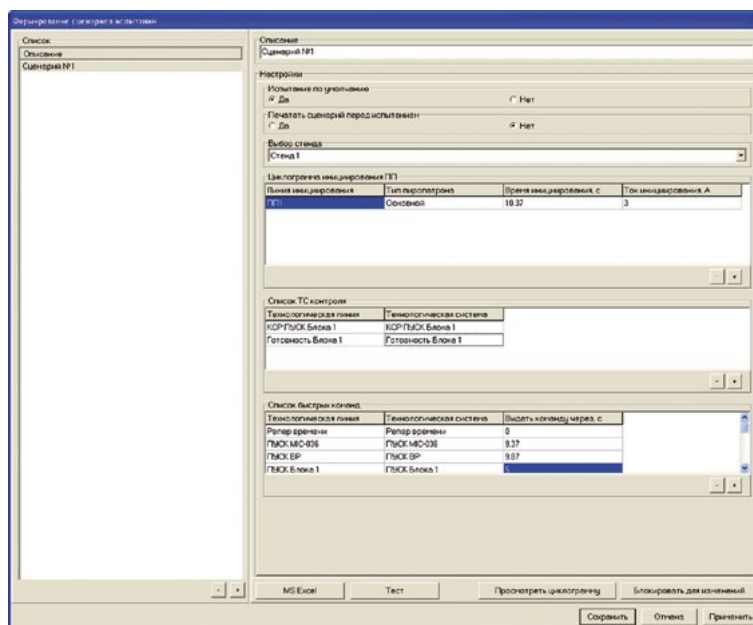


Рисунок 11.6. Пример сформированного сценария испытаний

В данном окне вводится название сценария. Выбором соответствующей радиокнопки в области «Испытание по умолчанию» задаётся автоматический переход при запуске ПО в окно проведения испытаний с загрузкой данного сценария. Выбором в области «Печатать сценарий перед испытанием» задаётся автоматический вывод на печать сценария (например, если требуется подтверждение испытания подписями документа у должностных лиц).

Формирование сценария начинается с задания станда для испытаний из выпадающего списка в поле «Выбор станда». Далее в таблице «Циклограмма инициирования ПП» с использованием выпадающих списков в полях «Линия инициирования» и «Тип ПП» выбираются необходимые элементы строки. В поле «Время инициирования» вводятся вручную необходимые значения с точностью до тысячных долей секунды. Поле «Ток инициирования, А» заполняется автоматически из сведений о выбранном ПП. Аналогично, с использованием выпадающих списков, заполняются строки в таблицах «Список ТС контроля» и «Список быстрых команд» (о технологических системах контроля и технологических системах управления соответственно). В поле «Выдать команду через, с» таблицы «Список быстрых команд» вручную вводятся значения времени от начала выполнения циклограммы конкретного испытания.

После формирования проекта сценария по нажатию кнопки «Тест» выполняется проверка его на полноту и непротиворечивость: указан ли стенд, выбрана ли хотя бы одна линия инициирования; заданы ли для выбранных линий инициирования типы ПП, не повторяется ли одна и та же линия инициирования в списке по сценарию и т. п. При выявлении ошибок выдаётся транспарант с их изложением. Сценарий не может быть сохранён и не вносится в список возможных для реализации испытаний, если он не прошёл указанную проверку.

Важным элементом формирования сценария является дополнительная настройка его циклограммы. Циклограмма испытания представляется как в табличной, так и в графической форме (см. Рисунок 11.7). В циклограмме представляются временные диаграммы сигналов по аппаратным линиям, которые будут задействованы при реализации испытания. Дополнительная настройка выполняется редактированием циклограммы. Например, при необходимости, на формирование каждого управляющего сигнала может быть наложена проверка исполнения до 3-х условий. Условия могут быть комплексного типа (например, получение сигнала по заданному каналу в заданный интервал времени).

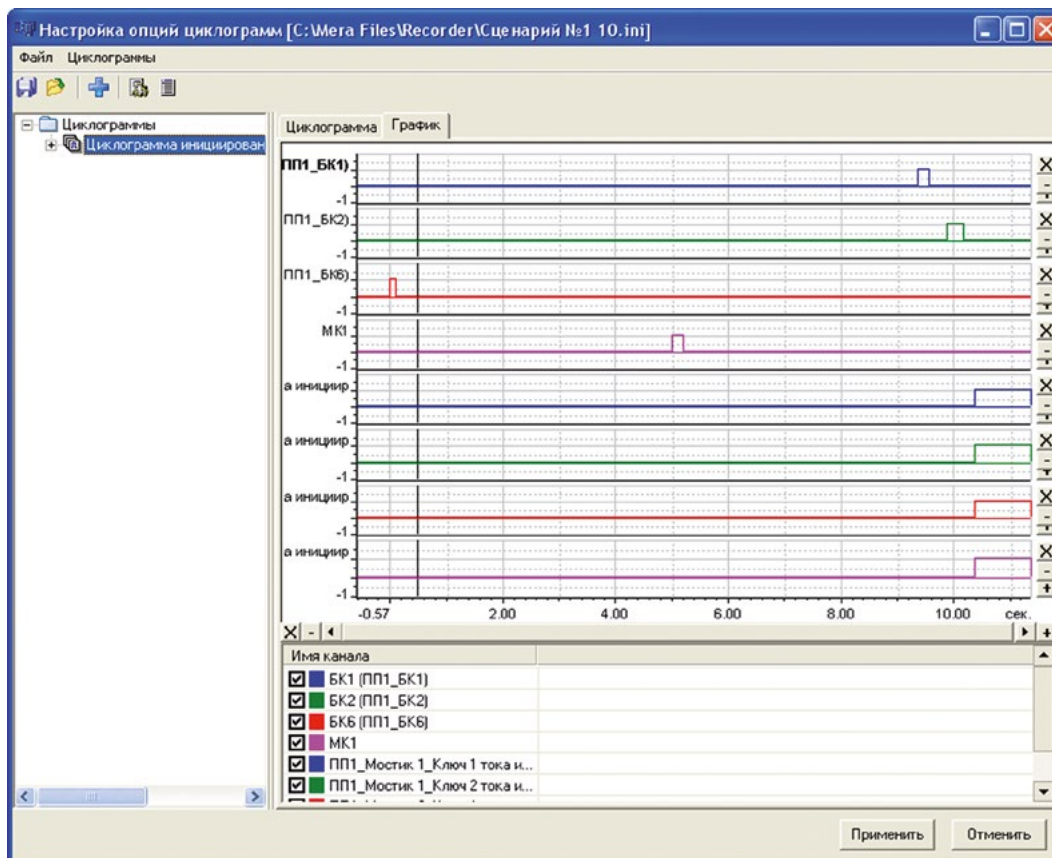
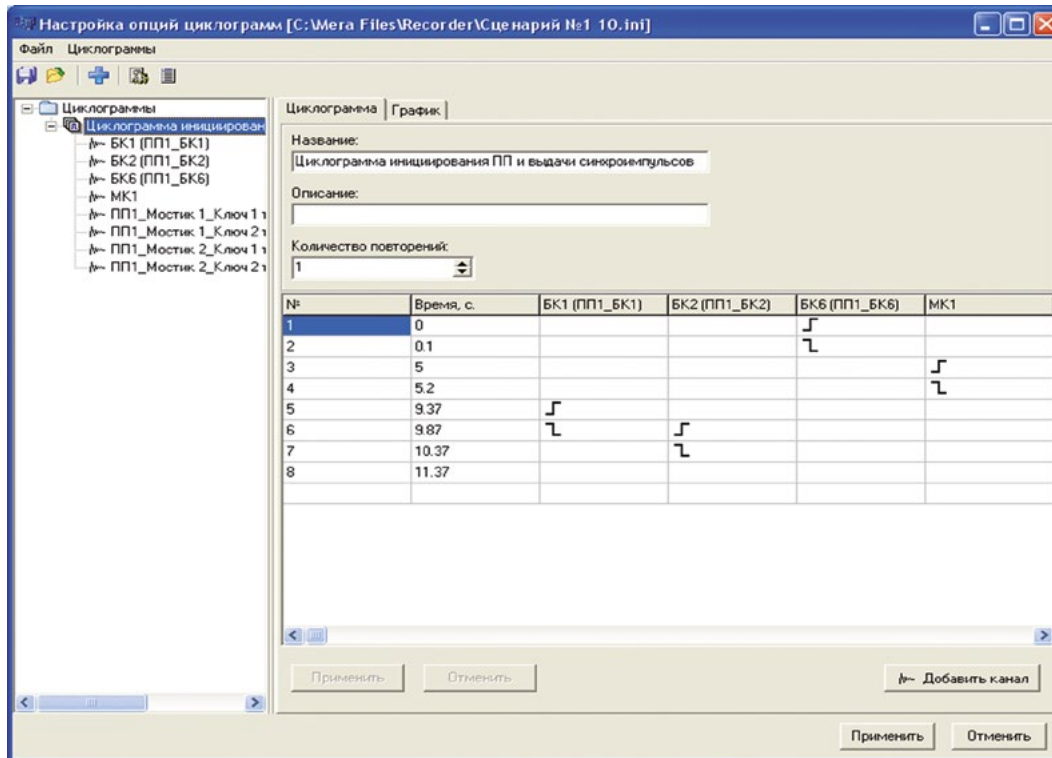


Рисунок 11.7. Пример табличной и графической формы представления циклограммы



## Проведение испытаний

В окне главного меню (см. Рисунок 11.8) в поле «Провести испытание» из выпадающего списка выбирается требуемый сценарий испытания.

Проведение испытаний

ПУ: необходимо вернуть кнопку «Стоп» в исходное положение.

Сценарий №1

Блок обеспечения безопасности

Двери и ворота стенда	Ворота стенда	Закрето
Положение рубильников	Рубильник ПП1	Рабочая
Сигнализация	Сирена	Световая сигнализация
	Выключена	Выключена
Положение ключей	ПУ	Исходное

Состояние средств инициирования

Этап проверки ПП	ПП1
Тип ПП	не проверено
Состояние мостиков	не пров
Схема взведения	не требует взведения
Ток инициирования	

Состояние ТС контроля

КСР ПУСК Блока 1	Готовность Блока 1
Не получен	Разомкнуто

Состояние быстрых команд

Репер времени	ПУСК МИС-036	ПУСК ВР	ПУСК Блока 1
Не выдан	Не выдан	Не выдан	Не выдан

Не готов

14:12:10

Тип испытания

Холодное

Огневое

Новое испытание

Начать

Выбор режима

undefined\_resultdesc

Рисунок 11.8. Окно «Проведение испытаний»  
(поэтапное исполнение подготовительной части)

В верхней части окна (см. Рисунок 11.8) имеется область для вывода указаний оператору о необходимых очередных действиях. Ниже расположена область для отображения состояний элементов блока безопасности. Сведения о состоянии ПП, задействованных в циклограмме испытания, помещаются в области «Состояние средств инициирования». Сведения о сигналах, поступающих по линиям контроля и о сигналах, выдаваемых по линиям управления, индицируются в областях «Состояние ТС контроля» и «Состояние быстрых команд» соответственно. Сведения о состояниях перечисленных элементов отображаются текстом и окраской индикационных полей (корректное состояние – зеленый цвет, в ином случае – красный).

В ходе реализации подготовительной части испытаний оператор по указаниям ПО выполняет операции с органами управления на ПРУ, а ПО выполняет соответствующие проверки линий. Кроме того, оператор может устранять выявленные ПО нарушения в блоке безопасности (приводить в нужное положение двери, ворота, рубильники).

Окно на рисунке 11.9 соответствует успешному завершению исполнения циклограммы испытания, о чём свидетельствуют поля индикации в областях «Состояние ТС контроля» и «Состояние быстрых команд». В циклограмме испытания выданы заданные команды, выполнено инициирование ПП1 током 3,07 А.

При исполнении реальных циклограмм оператор имеет возможность наблюдать последовательное (в соответствии с моментами времени, заданными в циклограмме) отражение в окне состояний систем контроля и выдач команд управления.

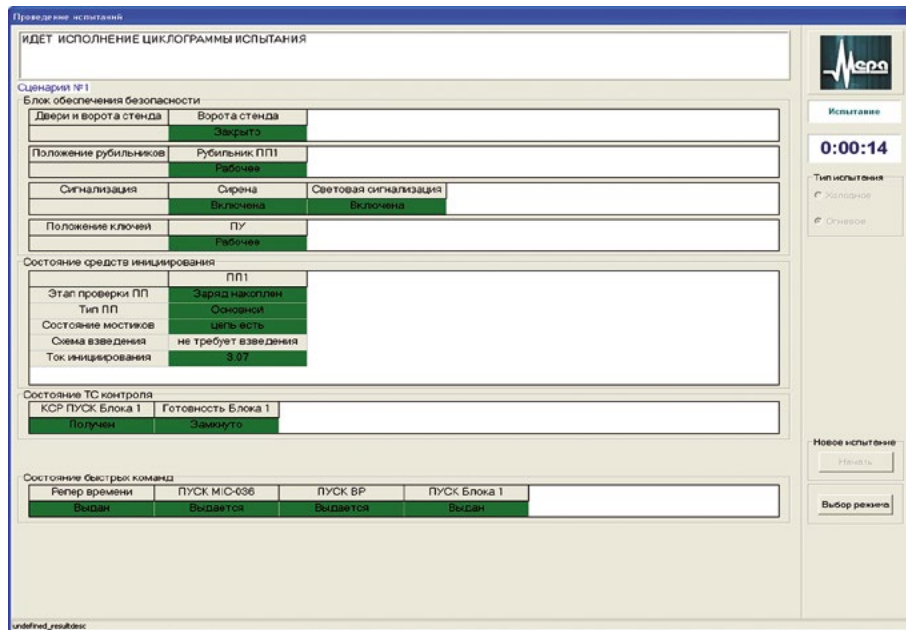


Рисунок 11.9. Окно «Проведение испытаний»  
(завершение исполнения циклограммы испытаний)

Окно на рисунке 11.10 соответствует завершающей части алгоритма испытания, в ходе которой для оператора готовятся данные о состоянии ПП по результатам проверки целостности цепей инициирования. Выполняется проверка корректности состояния пиропатрона (сгорание мостика). Для большинства типов ПП обязательным является разрыв цепей, свидетельствующий о полном срабатывании ПП и, соответственно, о допустимости входа персонала в опасную зону.

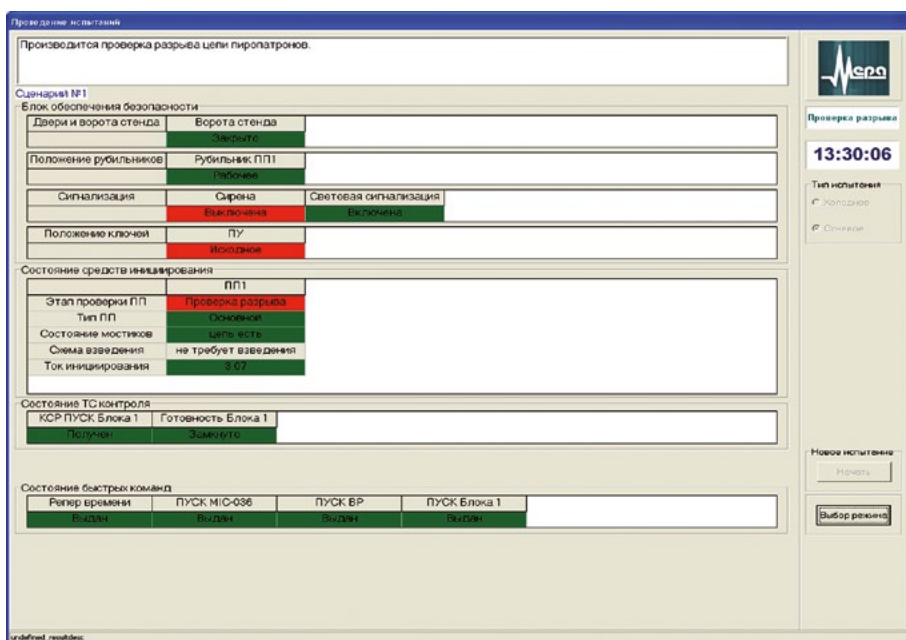


Рисунок 11.10. Окно «Проведение испытаний»  
(завершение сценария испытания)

Окно на рисунке 11.11 соответствует окончанию завершающей части алгоритма испытания. Оператору предстоит принять решение о возможности открытия опасной зоны с учётом известных ему параметров ПП.

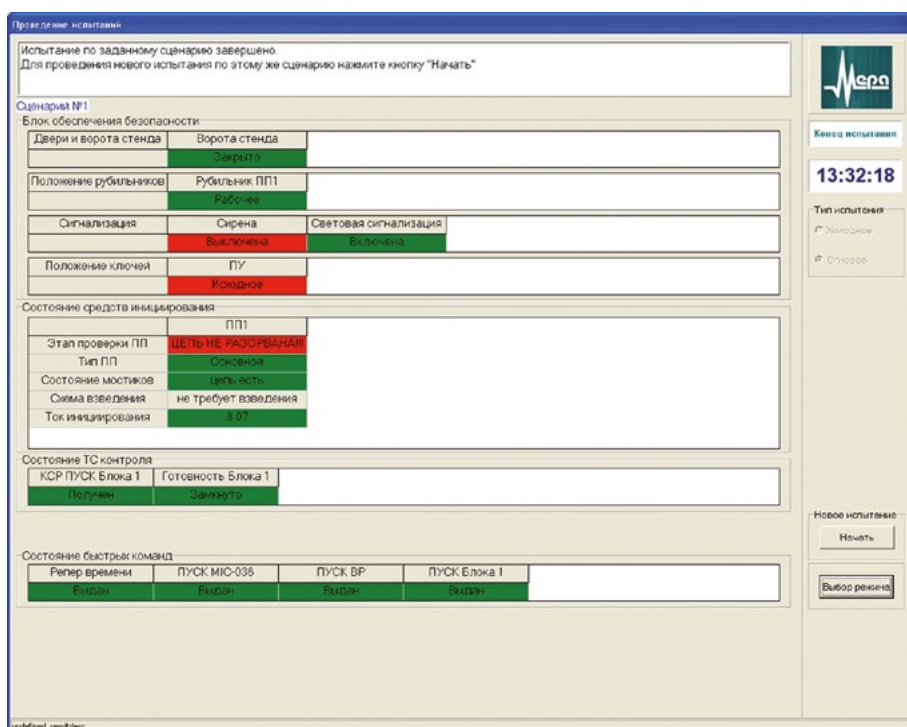


Рисунок 11.11. Испытание в соответствии со сценарием №1 завершено

## ПО «Тензостатика»

---

ПО «Тензостатика» предназначено для обработки и визуального представления в ходе испытаний величин измеряемых деформаций, сил и перемещений в различных точках конструкций и аварийного оповещения при превышении допустимых уровней измеряемых величин.

ПО «Тензостатика» является плагином ПО Recorder, позволяющим осуществлять:

- контроль прочностных характеристик конструкции;
- контроль достоверности воспроизведения внешних воздействий на объект испытаний;
- регистрацию и математическую обработку регистрируемой информации.

Функциональные особенности ПО «Тензостатика»:

- автоматизированная подготовка измерительной информации;
- проверка исходных уровней датчиков;
- проверка метрологических характеристик измерительных каналов.

ПО «Тензостатика» позволяет настраивать и регистрировать сигналы как одиночных тензорезисторов, так и двух-, трёх- и четырёхкомпонентных тензорозеток. Средствами ПО «Тензостатика» производится контроль процесса в реальном времени с выдачей предупреждений, создаётся отчёт по испытанию в Microsoft Office Excel с математическим обчётом полученных данных.

Тестирование оборудования (целостность датчиков, исправность измерительного модуля, правильность соединения, обрыв и к/з) проводится по команде оператора и автоматически при запуске режима измерений для используемых каналов.

В процессе мониторинга деформаций и напряжений ПО «Тензостатика» позволяет:

- контролировать предельные значения измеряемых параметров;
- обеспечивать индикацию превышения параметра звуковым сигналом и вывод номера датчика мигающим световым сигналом;
- рассчитывать прогноз изменения измеряемых значений для более высокого процента нагрузки на конструкцию;
- выводить информацию в табличном виде с максимальными значениями измеренных параметров по убыванию величины:
  - номер канала (или датчика);
  - текущий результат измерений;
  - значение в процентах от предельного значения измеряемого параметра;
  - прогноз на следующий этап нагружения.

Вторичная обработка измерений:

- расчёт параметров напряженно-деформированного состояния (НДС) конструкции по результатам измерений;
- сортировка результатов измерений по возрастанию и убыванию измеренной величины;
- формирование графиков измеряемых параметров по времени (по данным непрерывного измерения), по проценту нагружения (для статики).

№	Имя канала	Точка	Р датч.	Тип датчика	Отобр.	Информация
1	5_Еmax		640	4-элементная максимальная деформация	☑	Класс=0.300; Монитор=7200.00; Тензорезисторы MC212(1);
2	5_Сmax		640	4-элементная максимальное напряжение	☑	Класс=0.300; Монитор=7200.00; Тензорезисторы MC212(1);
3	5_Вmax		640	4-элементная максимальное напряжение	☑	Класс=0.300; Монитор=7200.00; Тензорезисторы MC212(1);
4	5_Вa		640	4-элементная угол максимального напряжения	☑	Класс=0.300; Монитор=7200.00; Тензорезисторы MC212(1);
5	5_Вb		640	4-элементная угол максимального напряжения	☑	Класс=0.300; Монитор=7200.00; Тензорезисторы MC212(1);
6	5_Вс		640	4-элементная квадратичность	☑	Класс=0.300; Монитор=7200.00; Тензорезисторы MC212(1);
7	11_Еmin		640	Трехэлементная минимальная деформация	☑	Класс=0.300; Монитор=7200.00; Тензорезисторы MC212(1);
8	11_Еmax		640	Трехэлементная максимальная деформация	☑	Класс=0.300; Монитор=7200.00; Тензорезисторы MC212(1);
9	11_Сmin		640	Трехэлементная минимальное напряжение	☑	Класс=0.300; Монитор=7200.00; Тензорезисторы MC212(1);
10	11_Сmax		640	Трехэлементная максимальное напряжение	☑	Класс=0.300; Монитор=7200.00; Тензорезисторы MC212(1);
11	11_Вa		640	Трехэлементная угол максимального напряжения	☑	Класс=0.300; Монитор=7200.00; Тензорезисторы MC212(1);
12	16_Еmin		640	Двухэлементная первая деформация	☑	Класс=0.300; Монитор=7200.00; Тензорезисторы MC212(1);
13	16_Еmax		640	Двухэлементная вторая деформация	☑	Класс=0.300; Монитор=7200.00; Тензорезисторы MC212(1);
14	16_Сmin		640	Двухэлементная первое напряжение	☑	Класс=0.300; Монитор=7200.00; Тензорезисторы MC212(1);
15	16_Сmax		640	Двухэлементная второе напряжение	☑	Класс=0.300; Монитор=7200.00; Тензорезисторы MC212(1);
16	20_Еmin		640	Двухэлементная первая деформация	☑	Класс=0.300; Монитор=7200.00; Тензорезисторы MC212(1);
17	20_Еmax		640	Двухэлементная вторая деформация	☑	Класс=0.300; Монитор=7200.00; Тензорезисторы MC212(1);
18	20_Сmin		640	Двухэлементная первое напряжение	☑	Класс=0.300; Монитор=7200.00; Тензорезисторы MC212(1);
19	20_Сmax		640	Двухэлементная второе напряжение	☑	Класс=0.300; Монитор=7200.00; Тензорезисторы MC212(1);
20	распятие балки_Еmin	145	10	Двухэлементная первая деформация	☑	Класс=7100.000; Монитор=0.75; Тензорезисторы MC212(1);
21	распятие балки_Еmax	145	10	Двухэлементная вторая деформация	☑	Класс=7100.000; Монитор=0.75; Тензорезисторы MC212(1);
22	распятие балки_Сmin	145	10	Двухэлементная первое напряжение	☑	Класс=7100.000; Монитор=0.75; Тензорезисторы MC212(1);
23	распятие балки_Сmax	145	10	Двухэлементная второе напряжение	☑	Класс=7100.000; Монитор=0.75; Тензорезисторы MC212(1);
24	стержень балки_Еmin	150	10	Трехэлементная минимальная деформация	☑	Класс=7100.000; Монитор=0.75; Тензорезисторы Оуп1; Оуп2

Рисунок 12.1. Окно отображения информации по созданным виртуальным расчетным каналам

Для каждого датчика может вводиться следующая информация:

- коэффициент тензочувствительности;
- выбор модуля упругости материала из списка (сталь, алюминий, стеклопластик и т. д.) с возможностью редактирования списка;
- наименование и размерность для вывода результата измерений (мВ/В, напряжение  $\delta$  (кг/см<sup>2</sup>; МПа), деформация  $\epsilon$  (микрострейн, еод, млн-1));
- предельное значение измеряемого параметра (уставка);
- реакция системы на превышение предельного значения измеряемого параметра и другая вспомогательная информация.

Настройка расчетного канала осуществляется в соответствии с выбранным типом сигнала: двухэлементная розетка, трехэлементная розетка, четырехэлементная розетка, сила или перемещение. Каждому типу сигнала соответствует своё окно настройки.

Каналы могут создаваться по одному или группами (при выборе опции «Создать группу каналов» будет автоматически создана группа виртуальных каналов, получаемых расчётом из каналов образующих розетку).

### Режим двухэлементных розеток

В этом режиме происходит обработка информации с двойных розеток и настраиваются параметры, влияющие на расчётное значение виртуального канала. Относительная деформация получается с измерительных каналов (после канальной градуировки введенной в Recorder):

- для первого датчика:  $\epsilon_1 = K_0 \cdot (N_0 - N_1)$ ,
- для второго датчика:  $\epsilon_2$ , где:

$K_0$  – чувствительность датчика;

$N_0$  – значение, полученное с данного датчика при нулевой нагрузке;

$N_1$  – значение, полученное с данного датчика при очередной нагрузке.

Напряжения рассчитываются по формулам:

$$\delta_1 = E \cdot (\epsilon_1 + \mu \cdot \epsilon_2) / (1 - \mu^2);$$

$$\delta_2 = E \cdot (\epsilon_2 + \mu \cdot \epsilon_1) / (1 - \mu^2), \text{ где}$$

$\mu$  – коэффициент Пуассона (характеристика материала),

$E$  – модуль упругости (Юнга) [кг/мм<sup>2</sup>] (характеристика материала).

Выбирается снимаемое (первое или второе) напряжение (см. Рисунок 12.2). Если для проведения эксперимента требуется участие двух напряжений, то создаются два виртуальных расчетных канала с разными именами. В одном указывается «Первое напряжение», а во втором – «Второе напряжение».

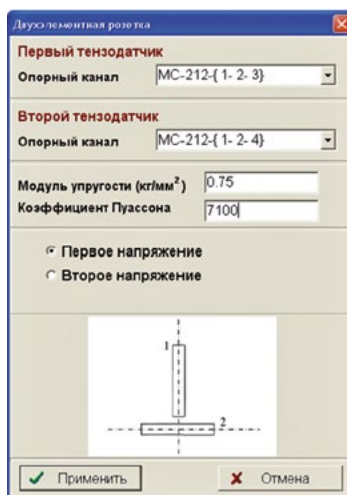


Рисунок 12.2. Окно настройки двойного тензодатчика

### Режим трёхэлементных розеток

В этом режиме обрабатывается информации с тройных розеток и настраиваются параметры, влияющие на расчётное значение виртуального канала по трём датчикам. Относительная деформация:

для первого датчика:  $\epsilon_1$ ;

для второго датчика:  $\epsilon_2$ ;

для третьего датчика:  $\epsilon_3$ .

Максимальная относительная деформация в этом случае рассчитывается по формуле:

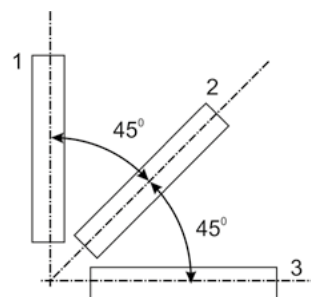
$$\epsilon_{\max} = \frac{(\epsilon_1 + \epsilon_3)}{2} + \frac{1}{2 \cdot \sqrt{(2\epsilon_2 - \epsilon_1 - \epsilon_3)^2 + (\epsilon_3 - \epsilon_1)^2}}$$

Минимальная относительная деформация определяется по формуле:

$$\epsilon_{\min} = \frac{(\epsilon_1 + \epsilon_3)}{2} - \frac{1}{2 \cdot \sqrt{(2\epsilon_2 - \epsilon_1 - \epsilon_3)^2 + (\epsilon_3 - \epsilon_1)^2}}$$

Максимальное напряжение в этом случае будет равно:

$$\delta_{\max} = \frac{E}{(1 - \mu^2)} \cdot (\epsilon_{\max} + \mu \cdot \epsilon_{\min})$$



Минимальное напряжение:

$$\delta_{\min} = \frac{E}{(1 - \mu^2)} \cdot (\epsilon_{\min} + \mu \cdot \epsilon_{\max}), \text{ где}$$

$\mu$  – коэффициент Пуассона,

$E$  – модуль упругости.

Угол поворота осей главных деформаций:

$$\operatorname{tg} 2\alpha = \frac{2 \cdot \epsilon_2 - \epsilon_1 - \epsilon_3}{\epsilon_1 - \epsilon_3}, \quad \alpha = \frac{1}{2} \operatorname{arctg}(\operatorname{tg} 2\alpha) \cdot \frac{180}{\pi}$$

Также указывается какой из возможных параметров (минимальное напряжение, максимальное напряжение, угол поворота осей) будет отображаться в расчётном виртуальном канале. При необходимости использования нескольких параметров создаются несколько расчетных виртуальных каналов.

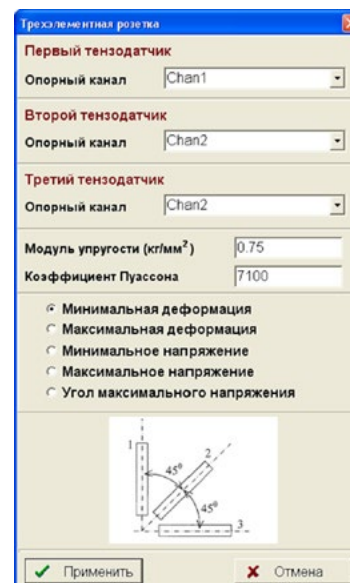


Рисунок 12.3. Окно настройки трёхэлементной розетки

### Режим четырёхэлементных розеток

В данном режиме обрабатывается информации с тройных розеток и настраиваются параметры, влияющие на расчетное значение виртуального канала по трём датчикам. Относительная деформация:

- для первого датчика:  $\epsilon_1$ ;
- для второго датчика:  $\epsilon_2$ ;
- для третьего датчика:  $\epsilon_3$ ;
- для четвертого датчика:  $\epsilon_4$ .

Максимальная относительная деформация в этом случае рассчитывается по формуле:

$$\epsilon_{\max} = \frac{(\epsilon_1 + \epsilon_2 + \epsilon_3 + \epsilon_4)}{4} + \frac{1}{2 \cdot \sqrt{(\epsilon_1 - \epsilon_3)^2 + (\epsilon_2 - \epsilon_4)^2}}$$

Минимальная относительная деформация определяется по формуле:

$$\epsilon_{\min} = \frac{(\epsilon_1 + \epsilon_2 + \epsilon_3 + \epsilon_4)}{4} - \frac{1}{2 \cdot \sqrt{(\epsilon_1 - \epsilon_3)^2 + (\epsilon_2 - \epsilon_4)^2}}$$

Максимальное напряжение в этом случае будет равно:

$$\delta_{\max} = \frac{E}{(1 - \mu^2)} \cdot (\epsilon_{\max} + \mu \cdot \epsilon_{\min})$$

Минимальное напряжение:

$$\delta_{\min} = \frac{E}{(1 - \mu^2)} \cdot (\epsilon_{\min} + \mu \cdot \epsilon_{\max}), \text{ где}$$

$\mu$  – коэффициент Пуассона,

$E$  – модуль упругости.

Для расчёта  $\alpha$  и инвариантности необходимо произвести переименование тензорезисторов в тензорозетке по следующему принципу: индекс «1» присваивается тензорезистору с максимальным значением деформации (по абсолютному значению) и далее по часовой стрелке (см. Рисунок 12.4).

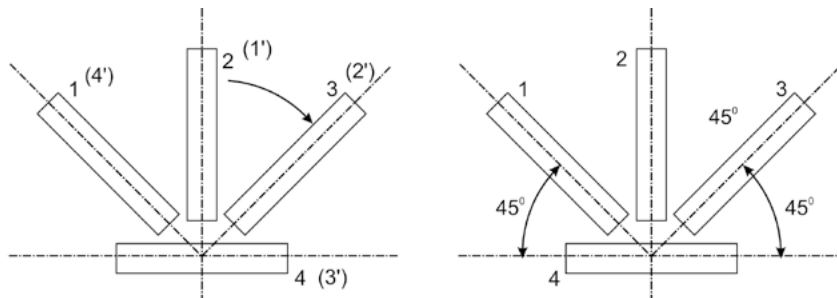


Рисунок 12.4

$$\epsilon_1' = \epsilon_{\max}$$

$$\operatorname{tg} 2\alpha = \frac{\epsilon_2' - \epsilon_4'}{\epsilon_1' - \epsilon_3'}$$

$$\alpha = \frac{\arctg(\operatorname{tg} 2\alpha) \cdot \frac{180}{\pi}}{2}$$

$$\operatorname{Inv} = \frac{(\epsilon_1' + \epsilon_3')}{(\epsilon_2' - \epsilon_4')}$$

$\alpha$  – угол максимального напряжения с указанием имени тензорезистора (имеющего максимальное значение напряжения), от которого угол откладывается;

**Inv** – инвариантность.

Кроме того, указывается, какое из пяти возможных расчётных типов будет отображаться в расчётном виртуальном канале. При необходимости использования нескольких параметров создаются несколько расчётных виртуальных каналов.

### Использование датчика перемещения

В этом режиме настраиваются параметры, влияющие на расчётное значение виртуального канала: а) чувствительность датчика; б) опорный канал (см. Рисунок 12.5).

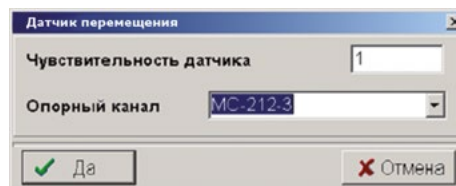


Рисунок 12.5. Окно настройки датчика перемещения

Обработка информации с датчиков перемещения проводится по формуле:

$$L = K_0 \cdot (N_0 - N_i), \text{ где}$$

$L$  – перемещение в мм;

$K_0$  – чувствительность датчика;

$N_0$  – значение, полученное с данного датчика при нулевой нагрузке;

$N_i$  – значение, полученное с данного датчика при очередной нагрузке. В расчётный виртуальный канал будет помещаться значение  $L$ .



Обработка информации с датчиков перемещения проводится по формуле:

$$L = K_0 \cdot (N_0 - N_i),$$

$L$  – перемещение в мм;

$K_0$  – чувствительность датчика;

$N_0$  – значение, полученное с данного датчика при нулевой нагрузке;

$N_i$  – значение, полученное с данного датчика при очередной нагрузке. В расчётный виртуальный канал будет помещаться значение  $L$ .

### Использование датчика силы

В данном режиме производится обработка информации с датчиков силы и настраиваются параметры, влияющие на расчётное значение виртуального канала: а) чувствительность датчика; б) опорный канал (см. Рисунок 12.6). Расчёт значений силы производится по формуле:

$$S = K_0 \cdot (N_0 - N_i),$$

$S$  – показание датчиков силы в тс;

$K_0$  – чувствительность датчика;

$N_0$  – значение, полученное с данного датчика при нулевой нагрузке;

$N_i$  – значение, полученное с данного датчика при очередной нагрузке.

В расчётный виртуальный канал будет помещаться значение  $S$ .

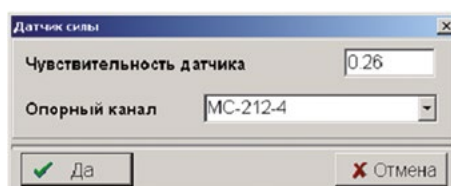


Рисунок 12.6. Окно настройки датчика силы

### Проведение испытания

Перед проведением эксперимента заполняются следующие информационные поля: шифр изделия, номер машины, название испытаний, дата испытаний (см. Рисунок 12.7). Данная информация заносится в отчёт, создаваемый по результатам испытаний.

В ходе испытаний в окне проведения эксперимента в таблице отображаются следующие параметры:

- Канал – имя канала;
- Точка – обозначение точки;
- МО – математическое ожидание;
- 0...100...0 – значение нагрузки в процентах.

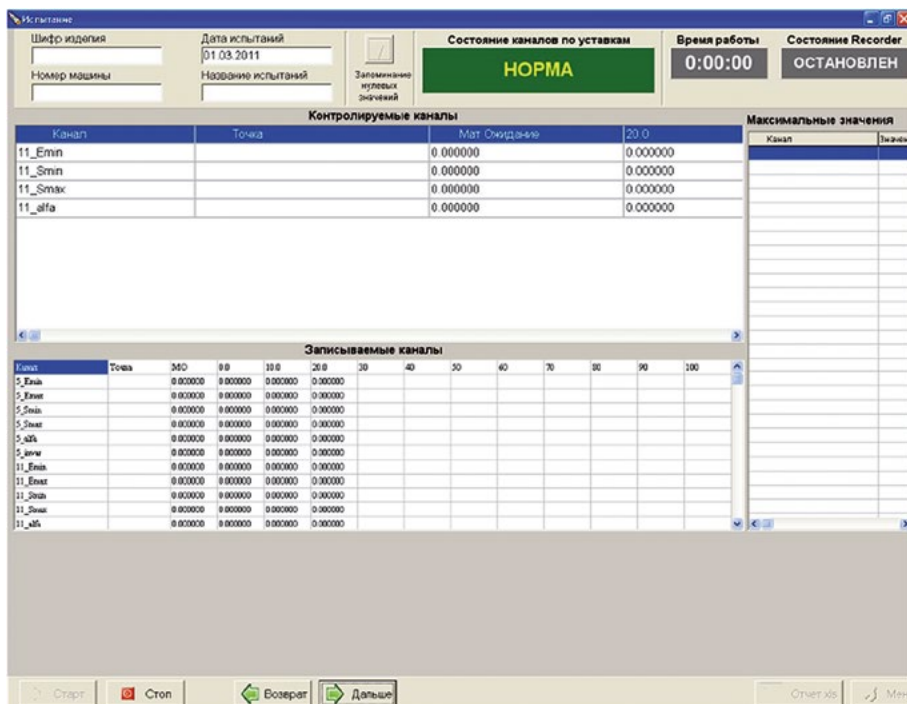


Рисунок 12.7. Окно проведения эксперимента

По окончании испытания создается отчет (см. Рисунок 12.8).

Имя	Метка	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	90	80
23	11	0.449	0.46	0.469	0.474	0.477	0.482	0.488	0.49	0.493	0.497	0.499	0.496	0.492
24	22	0.18	0.184	0.187	0.19	0.191	0.193	0.195	0.196	0.197	0.199	0.2	0.199	0.197
25	33	0.067	0.069	0.07	0.071	0.072	0.072	0.073	0.074	0.074	0.075	0.075	0.074	0.074
26	44	0.404	0.414	0.422	0.426	0.43	0.434	0.439	0.441	0.443	0.448	0.449	0.447	0.443
27	55	0.539	0.552	0.562	0.569	0.573	0.578	0.586	0.589	0.591	0.597	0.599	0.596	0.591
28	61	0.718	0.736	0.75	0.758	0.764	0.771	0.781	0.785	0.788	0.796	0.799	0.794	0.788
29	62	0.459	0.469	0.478	0.483	0.487	0.492	0.498	0.5	0.503	0.507	0.509	0.506	0.502
30	63	0.943	0.966	0.984	0.995	1.003	1.012	1.025	1.03	1.035	1.044	1.048	1.043	1.034
31	64	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
32	65	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
33	66	28.042	28.812	29.464	29.894	30.213	30.635	31.258	31.564	31.868	32.659	33.234	35.023	35.597
34	67	59.769	61.978	63.706	64.702	65.499	66.404	67.586	68.093	68.542	69.446	69.834	69.293	68.447
12	68	44.895	45.989	46.853	47.381	47.75	48.202	48.793	49.046	49.271	49.723	49.917	49.647	49.224
13	69	7.25	7.463	7.48	7.40	7.30	7.12	6.73	6.49	6.23	5.46	4.84	3.05	2.68
14	1	2.981	2.932	2.736	2.614	2.474	2.286	1.93	1.708	1.549	1.236	1.057	1.248	1.567
15	63	0.449	0.46	0.469	0.474	0.477	0.482	0.488	0.49	0.493	0.497	0.499	0.496	0.492
16	62	0.449	0.46	0.469	0.474	0.477	0.482	0.488	0.49	0.493	0.497	0.499	0.496	0.492
17	59	0.449	0.46	0.469	0.474	0.477	0.482	0.488	0.49	0.493	0.497	0.499	0.496	0.492
18	58	0.449	0.46	0.469	0.474	0.477	0.482	0.488	0.49	0.493	0.497	0.499	0.496	0.492
19	55	0.449	0.46	0.469	0.474	0.477	0.482	0.488	0.49	0.493	0.497	0.499	0.496	0.492
20	54	0.449	0.46	0.469	0.474	0.477	0.482	0.488	0.49	0.493	0.497	0.499	0.496	0.492
21	53	0.449	0.46	0.469	0.474	0.477	0.482	0.488	0.49	0.493	0.497	0.499	0.496	0.492
22	52	0.449	0.46	0.469	0.474	0.477	0.482	0.488	0.49	0.493	0.497	0.499	0.496	0.492

Рисунок 12.8. Закладка отчёта «Общий»

Отчёт по испытаниям включает следующие листы-закладки, расположенные в нижней части окна:

- Общий – содержит информацию по всем типам датчиков;
- Деформация – содержит информацию по одиночным, двойным и тройным розеткам;
- Перемещение – содержит информацию по датчикам перемещения;
- Сила – содержит информацию по датчикам силы.

В отчете имеется возможность создания графиков зависимости напряжений от нагрузки (см. Рисунок 12.9). Все графики нормируются таким образом, чтобы размах графика с самым большим изменением был равен единице, а все остальные графики делятся на эту константу для сохранения масштаба. На одном графике располагается по десять датчиков. На оси абсцисс имеется информация об имени датчика. Каждый график подписывается по максимальному значению напряжения.

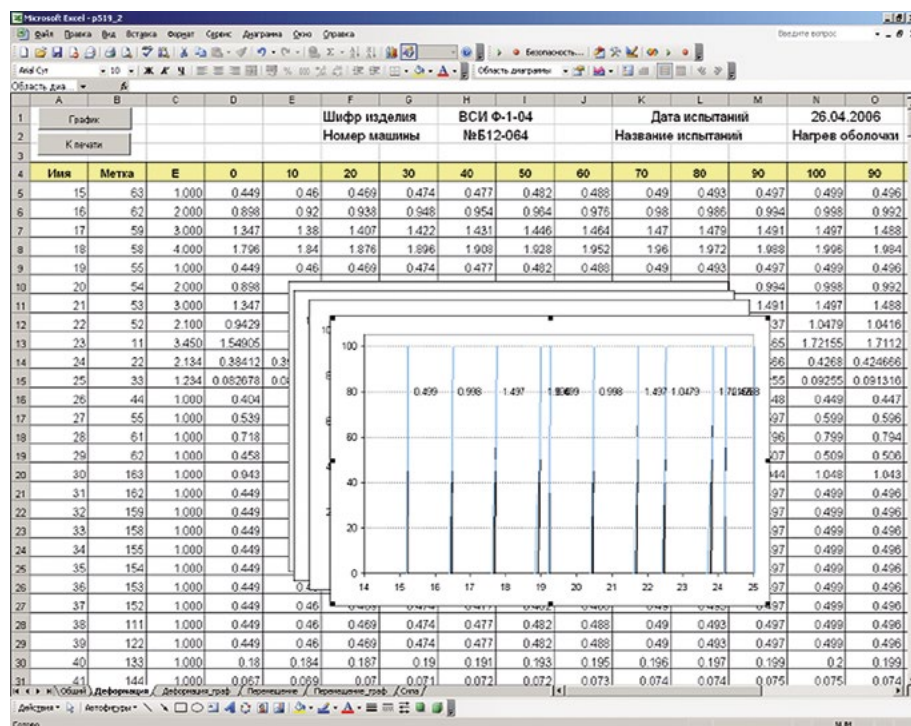


Рисунок 12.9. Закладка отчёта «Деформация». График зависимости напряжений от нагрузки

При обработке измерительной информации полученные данные используются для подбора параметров эмпирической формулы ( $\epsilon = ax + b$ ) методом наименьших квадратов. Выдается полный динамический диапазон (ПДД) измерения деформации тензорезистора в процессе испытаний (см. Рисунок 12.10).

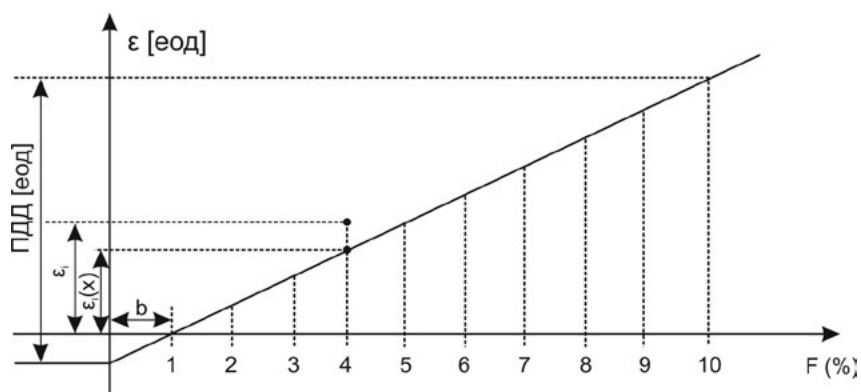


Рисунок 12.10

ПО обеспечивает вывод значений деформаций одиночных тензорезисторов, а также результаты расчёта всех типов тензорозеток графически и в виде таблиц.

## ПО автоматизированных информационно-измерительных систем испытательных стендов

Специализированное ПО НПП «МЕРА», предназначенное для организации автоматизированных стендовых ИИС, имеет многоуровневую структуру. Все многочисленные подсистемы испытательного стенда (подсистемы квазистатических и динамических параметров, система управления, видеонаблюдения и технологические подсистемы) собраны в единый автоматизированный комплекс программно-аппаратных средств обеспечения испытаний. Все измерительные каналы автоматизированного комплекса стенда синхронизированы системой единого времени.

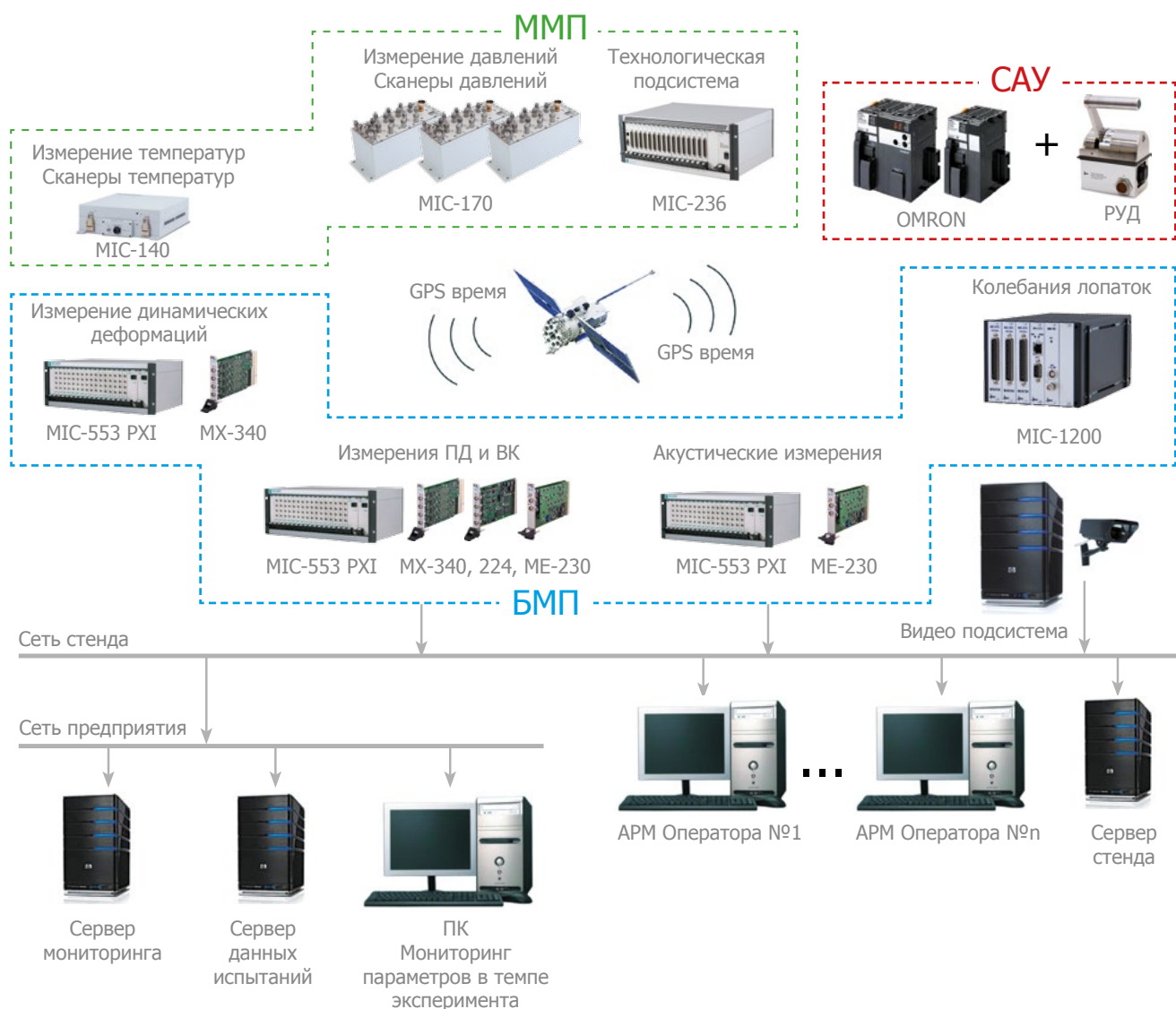


Рисунок 13.1. Структурная схема программно-аппаратного комплекса стендовых испытаний

Измерительные подсистемы стенда объединены в локальную компьютерную сеть, имеющую выход в общую компьютерную сеть предприятия (см. раздел «База данных испытаний. Комплексное решение по управлению испытаниями, сбору и обработке данных», стр. 82). В общей сети организованы сетевые ресурсы для хранения, обработки и анализа зарегистрированной информации как в темпе испытания, так и после проведения испытания. Скорость передачи данных в локальной сети 1000 Мбит/с.

Для оперативного проведения мониторинга и анализа параметров объекта испытаний в темпе испытания организована передача данных в режиме реального времени по компьютерной сети из автоматизированной ИИС верхнего уровня на удалённые рабочие места в спецотделах ОКБ. На рабочих местах в спецотделах установлено клиентское приложение, обеспечивающее:

- приём информации с сервера мониторинга испытаний в реальном времени с частотой обновления данных до 10 Гц;
- визуализацию параметров на экране (отображение информации в виде, идентичном отображению на экране бригадира) с возможностью смены экранов и формирования новых шаблонов отображения информации;
- экспорт информации в формат «Excel» по заданным шаблонам с записью на локальный диск в режиме реального времени с частотой прореживания 1 Гц и выполнение независимых замеров на рабочих местах.

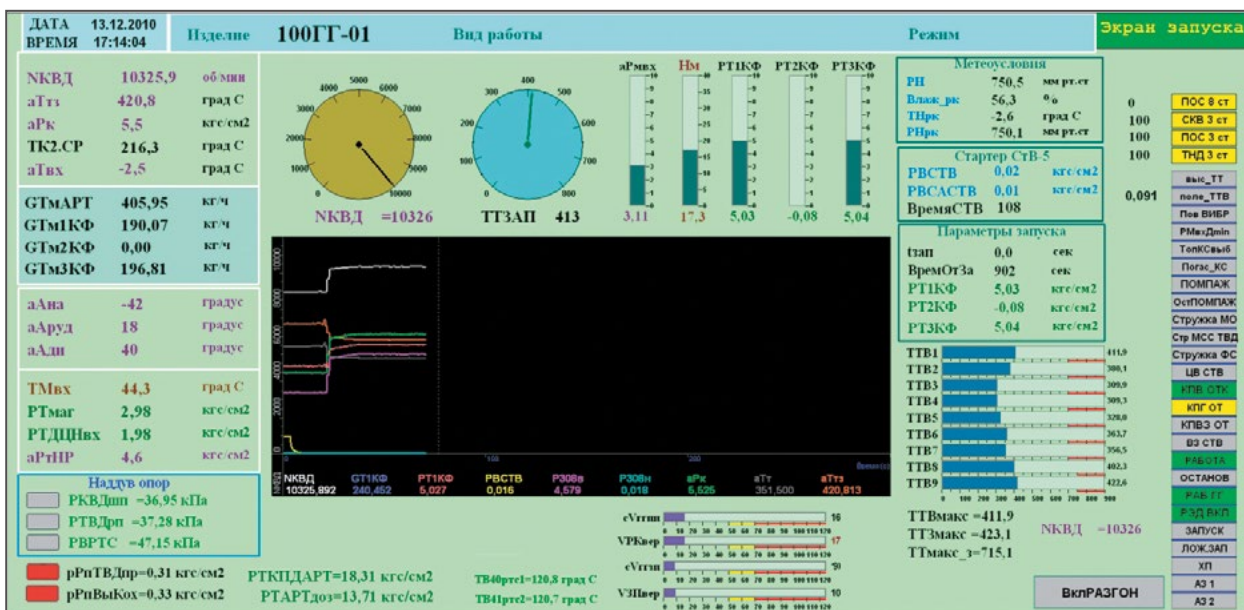


Рисунок 13.2. Основной экран бригадира

Для оперативного анализа результатов испытаний, размещённых в хранилище данных, в сети предприятия организован сервер анализа, на котором установлено серверное приложение, выполняющее «мэйнфрейм-обработку» данных (см. Рисунок 13.3). Это позволяет выполнять ресурсоёмкие математические операции на выделенном сервере и получать результаты вычислений для анализа на удалённом компьютере. Применение метода обработки данных на «мэйнфрейме» позволяет минимизировать требования к ресурсам рабочих мест пользователей, снижает нагрузку на информационную сеть, но при этом даёт возможность проводить комплексную полнофункциональную обработку большого объема информации.

Предусмотрена возможность расширения и установки дополнительных рабочих мест в пределах стенда. Работоспособность систем управления сохраняется при выходе из строя некоторых узлов или конечного сетевого оборудования. Трафик в локальной сети оказывает минимальное влияние на общую компьютерную сеть предприятия.

Данные по испытаниям хранятся и обрабатываются в едином информационном пространстве в унифицированных форматах (см. Рисунок 13.4).

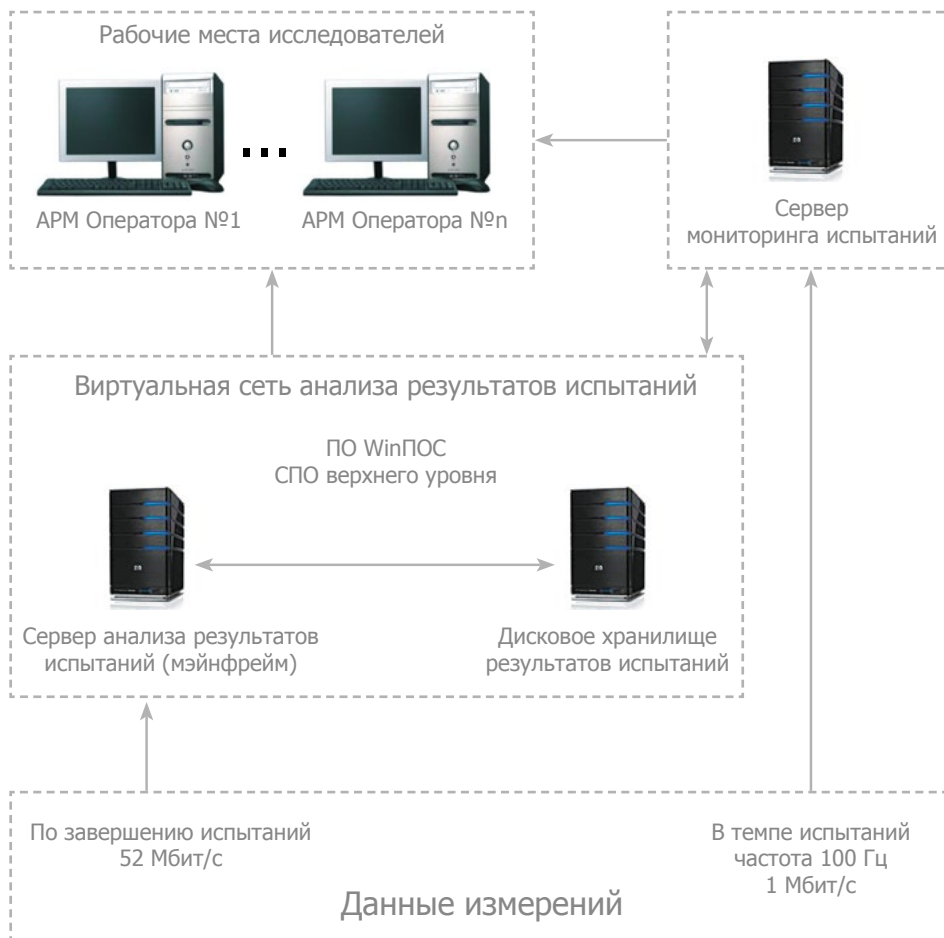


Рисунок 13.3. Структурная схема локальной вычислительной сети мониторинга и обработки результатов измерений



Рисунок 13.4. Единое информационное пространство

ПО автоматизированной ИИС стенда имеет двухуровневую архитектуру. На пульте управления испытаниями устанавливается специализированное ПО для централизованного управления всеми станциями сбора данных стенда. Оно позволяет контролировать регистраторы (ПО Recorder, MR-300) на всех станциях сбора данных, осуществляя централизованный пуск/останов измерений, диагностику и отображение ошибок, мониторинг состояния регистраторов.

На нижнем уровне осуществляется синхронный сбор измерительной информации под управлением ПО Recorder и MR-300 (см. разделы «Recorder – инструментарий для создания стендовых измерительных систем» и «MR-300 – регистрация и экспресс-анализ динамических процессов в темпе эксперимента», стр. 6, 10). На прикладном уровне происходит обработка данных в темпе эксперимента и отображение обработанных данных на экране.

### Функции ПО нижнего уровня

- проведение градуировок, калибровок и поверок измерительных каналов с получением протокола;
- проведение работ по набору и обработке статистических данных для определения метрологических характеристик измерительных каналов;
- формирование базы данных измеряемых, расчетных параметров и констант;
- формирование команд управления;
- формирование параметров аварийного контроля и аварийно-предупредительной сигнализации;
- формирование мнемосхем для отображения измеряемых, расчетных параметров и регистрируемых сигналов;
- подготовка программы обработки измеренных параметров для получения приведенных и расчетных параметров;
- формирование шаблона печатного протокола регистрации параметров на установившихся режимах;
- формирование технологической модели в соответствии с распоряжением на испытание.

### Функции ПО прикладного уровня

- корректировка единого времени на всех подсистемах, входящих в состав системы;
- корректировка исходных данных и констант расчета;
- управление работой подсистем нижнего уровня на выполнение управления технологическим оборудованием;
- обеспечение приема и объединения информационных потоков от подсистем измерения по каналам локальной сети с частотой опроса 10 Гц;
- проведение математической обработки измеренных параметров изделия в темпе испытания по заданной программе расчета;
- непрерывное слежение и индикация параметров и сигналов в различной форме отображения (цифровой, графической, в виде табло и т.д.) на нескольких экранах мониторов в виде мнемосхем;
- регистрация параметров и сигналов на установившихся режимах, получение обобщенного печатного протокола в темпе испытания;
- цифровое осциллографирование параметров с заданной дискретностью;
- циклическая запись всех параметров на всех режимах работы изделия в файл специального формата для оценки предаварийной ситуации;
- непрерывный аварийный контроль параметров и формирование аварийно-предупредительной сигнализации;
- регистрация моментов срабатывания сигналов с выдачей сообщений и состояния необходимых параметров;
- формирование протокола событий с регистрацией технологической и аварийно-предупредительной сигнализации;
- визуализация параметров на удаленных рабочих местах в темпе испытания.



Для послезэкспериментальной обработки измерительной информации применяется ПО WinПОС (см. раздел «WinПОС – пакет послезэкспериментальной обработки измерительной информации», стр. 14), позволяющее:

- проводить анализ зарегистрированных параметров и сигналов в графическом виде, с возможностью распечатки отдельных фрагментов, изменения масштабов шкал, поиском необходимого фрагмента по времени, компоновкой экрана требуемым набором параметров и сигналов;
- обрабатывать зарегистрированные результаты испытания по различным алгоритмам;
- формировать и печатать протоколы различных видов.

## База данных испытаний. Комплексное решение по управлению испытаниями, сбору и обработке данных

База данных испытаний (БДИ) – это универсальное решение для организации регистрации, хранения и получения больших объемов данных на предприятиях, осуществляющих множественные измерения при испытаниях сложных технических устройств.

БДИ является унифицированной системой, связывающей информационными каналами испытательные площадки предприятия с отделами разработки, осуществляющими анализ полученных данных.



Рисунок 14.1. Общая схема работы БДИ

Программно-аппаратный комплекс БДИ (см. Рисунок 14.2) состоит из следующих основных элементов:

- 1 - испытательные стенды;
- 2 - сервер базы данных предприятия;
- 3 - сервер для хранения данных испытаний;
- 4 - сервер обработки данных WinПОС;
- 5 - клиентские станции постэкспериментальной обработки и анализа данных (ПО WinПОС).

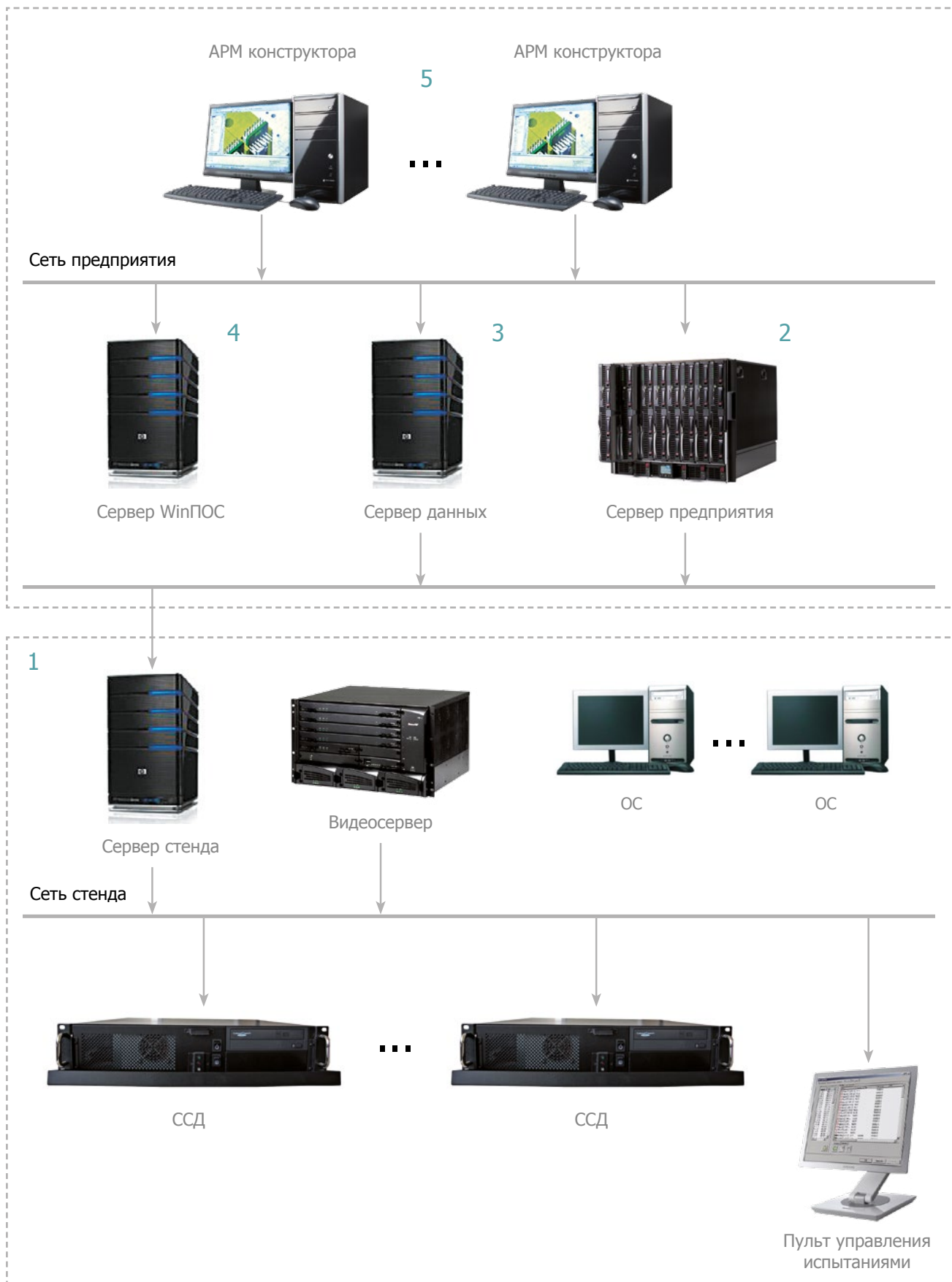


Рисунок 14.2. Структура комплекса БДИ

Стенд может содержать несколько станций сбора данных (ССД). Каждая станция регистрирует часть параметров, относящихся к определенной измерительной подсистеме. Первоначально регистрация параметров осуществляется путём записи на локальный диск. В общем, на стенде может регистрироваться несколько тысяч различных параметров. Для регистрации данных используется ПО Recorder и MR-300.

На пульте управления испытаниями устанавливается специализированное ПО для централизованного управления всеми ССД стенда. Оно позволяет контролировать регистраторы (Recorder, MR-300) на всех ССД, осуществляя централизованный пуск/останов измерений, диагностику и отображение ошибок, мониторинг состояния регистраторов. Для управления испытанием вводится понятие «режим готовности». Это режим, в котором все регистраторы, участвующие в испытании, передаются под полный контроль пульта управления.

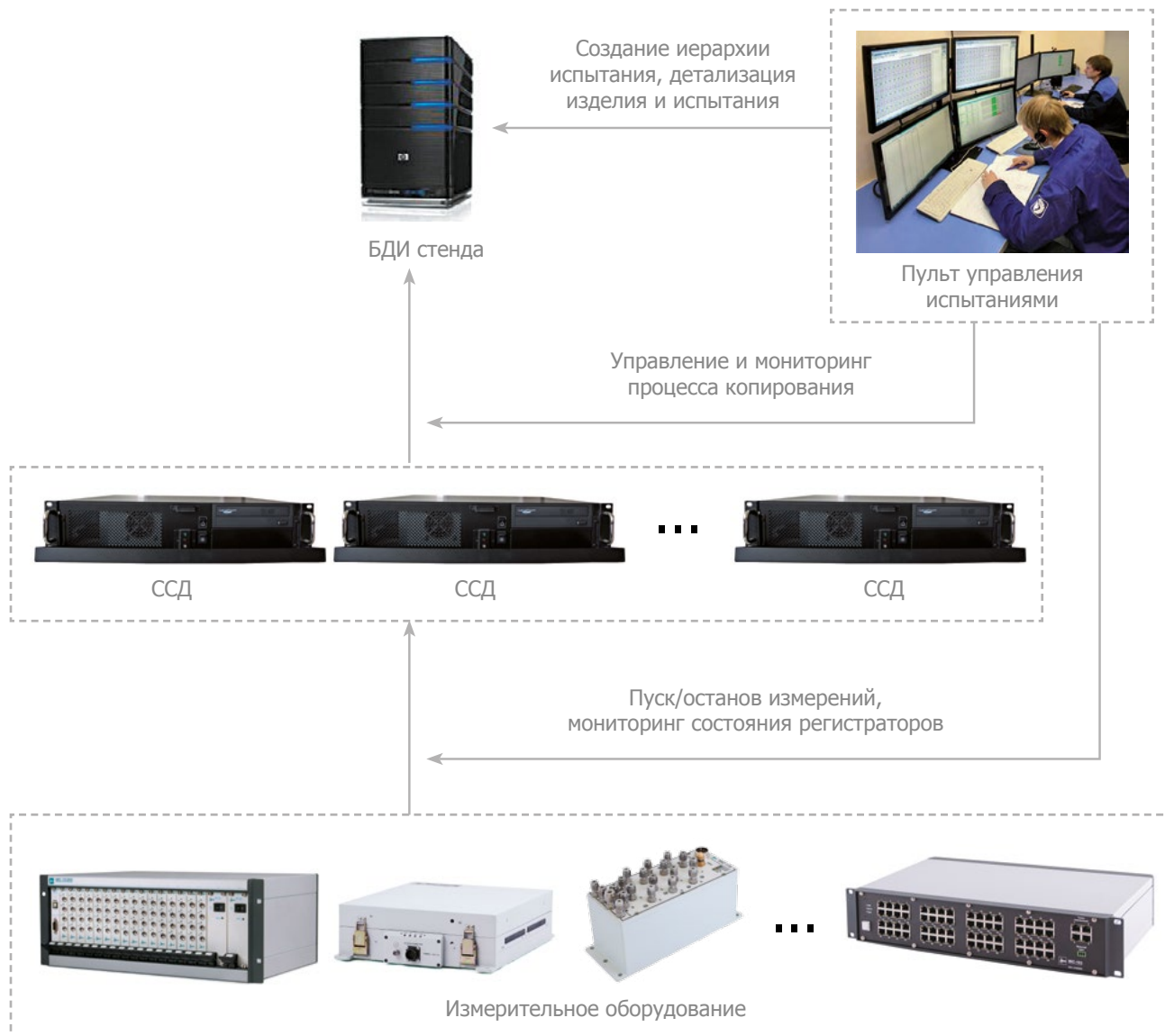


Рисунок 14.3. Структура испытательного стенда

На сервере стенда расположена база данных для промежуточного хранения результатов измерений. Данные, записанные регистраторами на каждой ССД, после завершения испытания копируются в локальную (стендовую) базу данных. В дальнейшем данные из стендовой базы данных переносятся в центральную базу предприятия и на центральный сервер хранения данных.

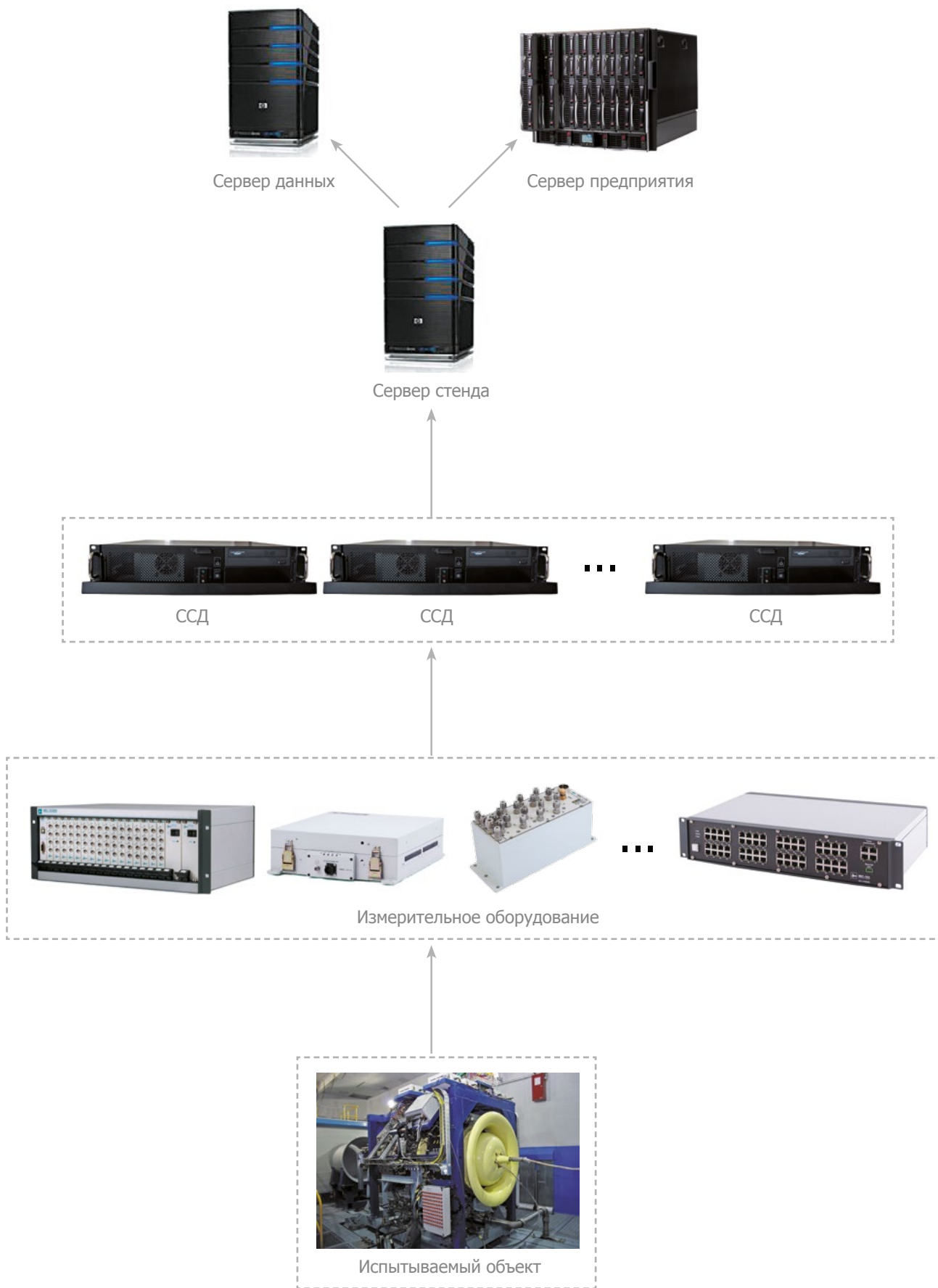


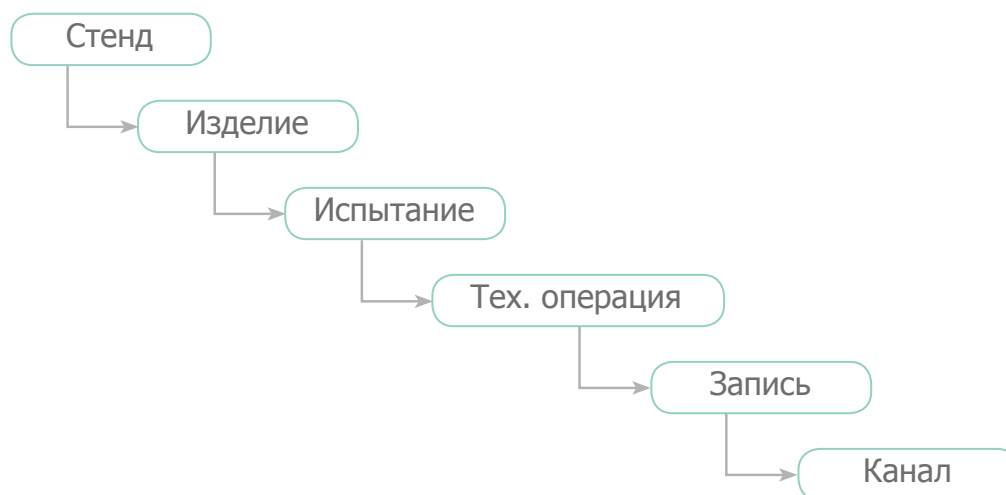
Рисунок 14.4. Структура испытательного стенда

Операторские станции (ОС) предназначены для мониторинга состояния испытываемого изделия и анализа данных в ходе испытания.

В процессе испытания ведется видеозапись всего происходящего в испытательном боксе. Записи с видеокамер сохраняются на видеосервере. В дальнейшем посредством WinПОС можно сопоставить измеренные сигналы с записями видеорегистраторов.

Поиск нужных записей осуществляется с помощью запроса в БДИ.

Результаты всех испытаний и измерений структурированы в иерархическом виде, что обеспечивает гибкость, удобство и скорость поиска:



Элемент «Запись» формируется регистраторами на каждой ССД. Элементы «Стенд», «Изделие», «Испытание», «Тех. операция» определяют путь, по которому в БДИ расположена конкретная «Запись». Формирование и установка этого пути осуществляется с пульта управления испытаниями. Такое четкое структурирование данных значительно упрощает поиск необходимой информации.

### Гибкость

Иерархия элементов подбирается (и может быть изменена) на основании предметной области, конкретных правил проведения испытаний и прочих специфичных для каждого предприятия условий. Элементы иерархии могут содержать дополнительные пользовательские свойства, детализирующие описываемый объект.

### Удобство и скорость поиска

С помощью пользовательских свойств можно задавать различные параметры поиска, настолько подробно описывая искомые данные, что поиск среди миллионов записей производится в несколько кликов.

Смысл поиска сводится к фильтрации записей. Введя такой фильтр, можно получить только интересующие записи среди множества других. Фильтр состоит из свойств элементов иерархии и наложенных на них условий.

### Фильтрация

- возможность ввести все имеющиеся элементы иерархии и их свойства;
- множество различных условий для одного свойства;
- условиями можно отфильтровать любые данные;
- быстрое и удобное создание и редактирование запроса;
- подсказки при вводе значений условий фильтров;
- управление запросами, сохранение/загрузка.

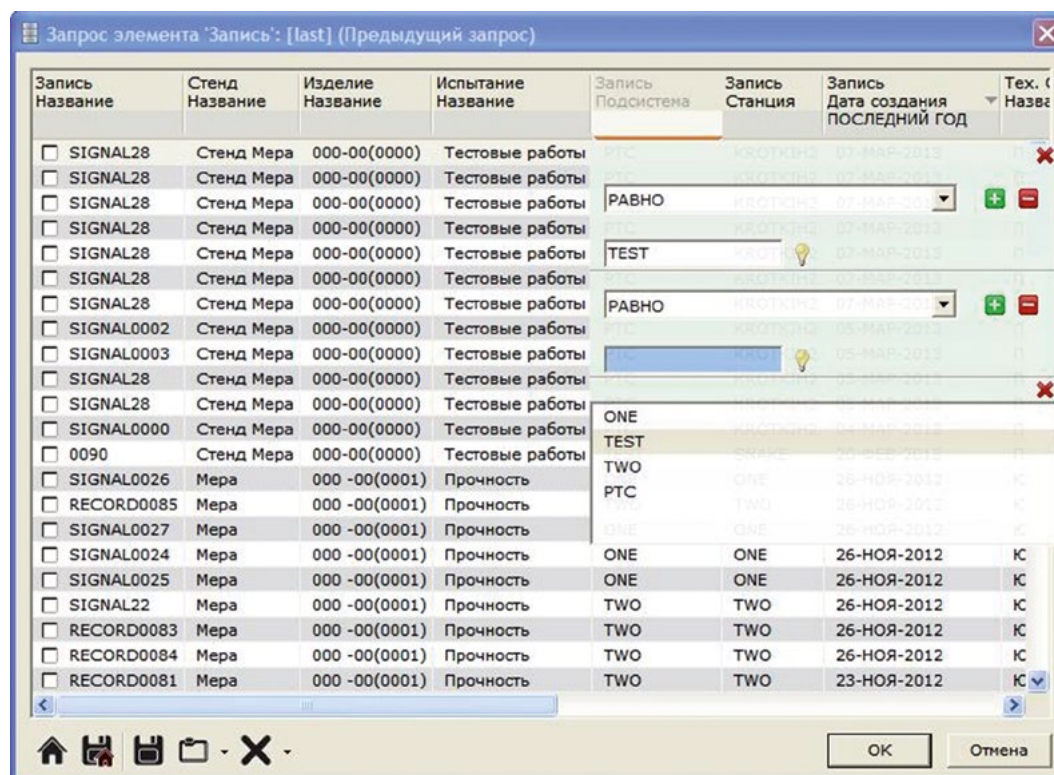
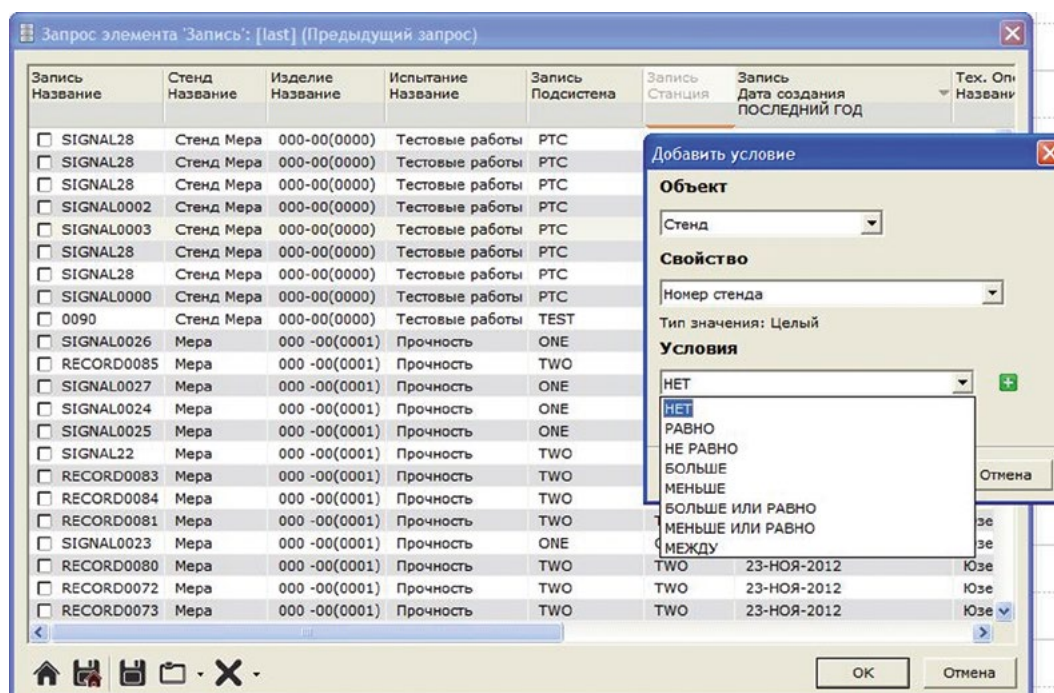


Рисунок 14.5. Примеры использования запросов

Для доступа к БДИ используется ПО WinПОС.



Рисунок 14.6. Общая схема работы ПО WinPOS

### Отдельный сервер для хранения данных испытаний

Используется специализированное аппаратно-программное решение для хранения очень больших объемов данных: 2-3 ПБ (петабайт). Обеспечивается высокая скорость чтения/записи и автоматическое тройное резервирование.

### Сервер WinPOS для удаленного выполнения алгоритмов

Вместо того чтобы передавать данные по сети для выполнения алгоритма обработки средствами клиентской станции, этот алгоритм выполняется на специальном высокопроизводительном сервере WinPOS, который соединен с сервером хранения данных высокоскоростным каналом связи. Клиентскому WinPOS выдается уже конечный результат обработки. Благодаря этому удается достичь значительного ускорения выполнения алгоритмов.

Результаты обработки можно сохранять в БДИ и осуществлять по ним поиск в дальнейшем.



## Плагин калибровки датчиков встроенным шунтом

Плагин предназначен для калибровки датчиков ЛХ-412 встроенным шунтом модулей MR-212, MC-212. Плагин позволяет осуществлять следующие функции (см. Рисунок 15.1):

- тестирование каналов;
- калибровка выбранных каналов;
- балансировка нуля выбранных или сразу всех каналов;
- калибровка ЛХ-412;
- сохранение и загрузка существующих настроек;
- выделение и снятие выделения каналов;
- инвертирование выделенных каналов.

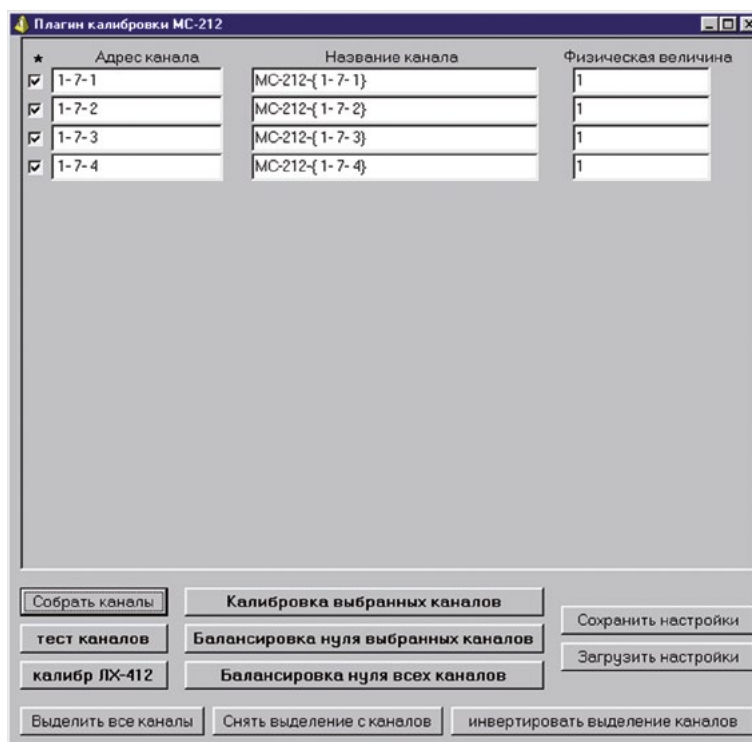


Рисунок 15.1. Главное окно плагина

## Плагин «Годограф»

Плагин расширяет функционал ПО Recorder следующими возможностями:

- построение графика годографа по двум датчикам биения и датчику оборотов;
- оперативный расчет амплитуды колебаний по каждому датчику и общей амплитуды колебаний;
- расчет амплитуды гармоники по каждому датчику;
- расчет фазы биения относительно датчика оборотов.

Плагин можно условно разделить на две части: графическую и вычислительную. Графическая часть представлена графиком годографа (см. Рисунок 16.1), а вычислительная отвечает за расчет амплитуд, гармоники и фазы.

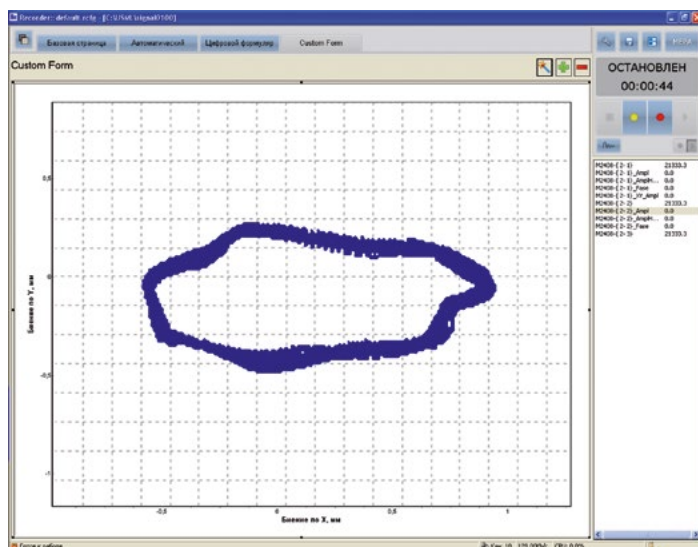


Рисунок 16.1. График годографа

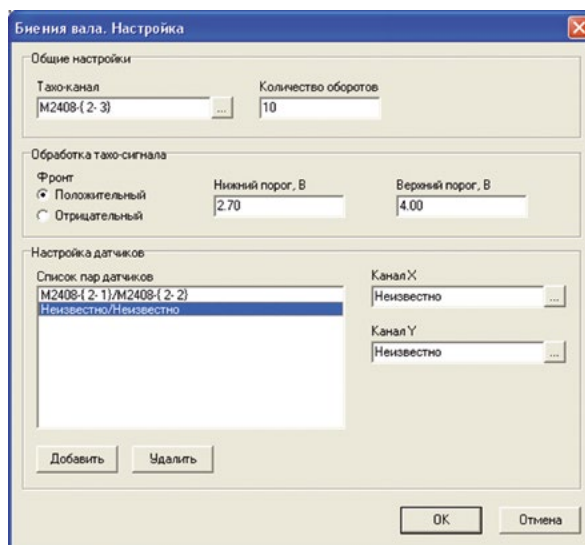


Рисунок 16.2. Окно настройки плагина

Для построения годографа берутся данные с каналов датчиков биения за один оборот и на графике откладываются точки по оси X (координата, которой берется из канала X) и оси Y (координата из канала Y). Каналы X и Y можно поменять местами, получив при этом иной график.

Расчет амплитуд и фазы выполняется за последние N оборотов, где N по умолчанию равно 10, но его можно изменить. Это можно сделать в окне настройки плагина (см. Рисунок 16.2), изменив значение в поле «Количество оборотов». Минимальное количество оборотов, которое можно указать равно 3, поскольку при меньшем числе оборотов достоверный результат не получить.

## Плагин OPC-клиент и OPC-сервер

OPC-клиент и OPC-сервер являются плагинами ПО Recorder, предназначенными для обмена данными с использованием OPC протокола, что обеспечивает унификацию передачи данных между различными устройствами, интерфейсы которых могут быть несовместимы. Использование OPC протокола позволяет взаимодействовать с широким спектром сторонних программно-аппаратных решений.

Организацией OPC Foundation разработана целая группа OPC протоколов, которые предназначены: для доступа к данным, для обслуживания событий, для управления оборудованием и т. д. В основе протоколов OPC лежит технология COM/DCOM (OLE). Наиболее часто используемым является протокол доступа к данным OPC Data Access (OPC DA). Назначение OPC DA – это доставка измеренных данных от оборудования и вывод данных в оборудование.

OPC DA – это унифицированный программный интерфейс к драйверу измерительного устройства. В соответствии со спецификацией OPC DA такой драйвер называется OPC-сервером.

Основной единицей данных в OPC является переменная (параметр), имеющая имя и значение. Значение может быть любого типа, допустимого в OLE: различные целые и вещественные типы, логический тип, строковый, дата, вариантный тип и т. д. Кроме того, переменная (параметр) может быть массивом. Применительно к оборудованию, для каждого канала входного либо выходного, может использоваться собственная переменная (параметр).

Технология OPC регламентирует только интерфейс между OPC-клиентами и OPC-серверами (допускаются множественные подсоединения), но не регламентирует способ получения данных от оборудования.

Источником данных (см. Рисунок 17.1) может являться аппаратное устройство, или программный комплекс, который в свою очередь может получать данные из различных источников, в том числе и из других OPC-серверов. Программный комплекс может являться и OPC-сервером, и OPC-клиентом одновременно. Данные могут поступать и от сервера клиенту, и от клиента серверу.

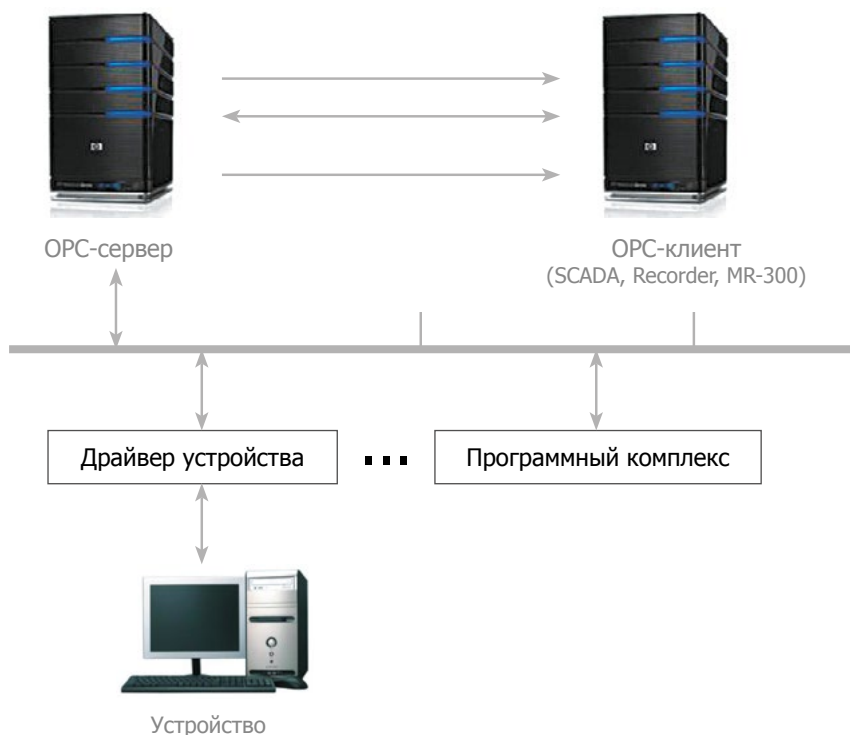


Рисунок 17.1. Структурная схема работы OPC протокола

Переменные (параметры) в OPC-сервере могут быть упорядочены в виде простого списка или в виде дерева, подобно дереву файлов на диске (только вместо термина «папка» в OPC используется термин «ветвь»). Имеются соответствующие интерфейсы для навигации по этому дереву. Можно, в частности, в любой момент запросить дерево переменных (параметров), поддерживаемых OPC-сервером. Если позволяет оборудование, дерево может изменяться динамически.

Спецификация OPC DA описывает ряд дополнительных механизмов, предусмотренных разработчиками OPC-спецификаций, чтобы облегчить организацию взаимодействия поставщика данных (OPC-сервера) и потребителя данных (OPC-клиента). Есть механизм, который позволяет выполнять оповещения завершения работы OPC-сервера. Есть возможность запросить информацию о самом сервере. Есть возможность запросить список зарегистрированных групп и многое другое.

НПП «МЕРА» предоставляет как OPC-сервер, так и OPC-клиент для Recorder и MR-300, благодаря чему они могут взаимодействовать между собой и сторонними приложениями.

## OPC-сервер

«OPCPlugin» выполняет функции полноценного OPC-сервера, позволяет выполнять следующее: получать список имен каналов, производить синхронный обмен данными, асинхронный обмен данными и получать данные по подписке. Чтение и запись данных осуществляется с использованием буферов каналов.

Для каждого канала в ПО Recorder «OPCPlugin» создает несколько переменных (параметров):

1. переменная (параметр) необработанных данных, по которой можно получить последний блок данных, хранящийся в буфере канала, как правило это массив; имя переменной (параметра) соответствует имени канала;
2. скалярная переменная (параметр) необработанных данных, по которой можно получить последнее значение в последнем блоке данных из буфера канала; имя переменной (параметра) соответствует имени канала с постфиксом «.scalar»; если блок данных буфера канала хранит всего одно значение, то переменные (параметры) пп. 1 и 2 позволяют получить одно и то же значение;
3. переменная (параметр) среднего арифметического, по которой можно получить среднее арифметическое значений последнего блока данных буфера канала; имя переменной (параметра) соответствует имени канала с постфиксом «.m»;
4. переменная (параметр) СКО, по которой можно получить среднееквадратическое отклонение значений последнего блока данных буфера канала; имя переменной (параметра) соответствует имени канала с постфиксом «.d»;
5. переменная (параметр) СКЗ, по которой можно получить среднееквадратическое значение данных последнего блока буфера канала; имя переменной (параметра) соответствует имени канала с постфиксом «.e»;
6. переменная (параметр) амплитуды, по которой можно получить оценку (значение) амплитуды сигнала по данным последнего блока буфера канала; имя переменной (параметра) соответствует имени канала с постфиксом «.a»;
7. переменная (параметр) размах, по которой можно получить оценку (значение) размаха сигнала по данным последнего блока буфера канала. имя переменной (параметра) соответствует имени канала с постфиксом «.r».

В соответствии с OPC протоколом клиент может получить со значениями переменных штампы времени. Штмп времени указывает момент, в который значение было получено от измерительного устройства.

«OPCPlugin» позволяет получить вместе с данными один из трех типов временных штампов:

1. в соответствии со стандартом OPC – время UTC локального компьютера;
2. время СЕВ (этот тип временного штампа актуален, если ИВК МІС настроен на использование времени СЕВ);
3. время внутреннего счетчика измерительной аппаратуры – это относительное время от начала процесса измерения.

Тип используемого временного штампа указывается в настройках «OPCPlugin».

### OPC-клиент

На рисунке 17.2 представлено окно пользовательской формы плагина OPC-клиент, позволяющего осуществлять обмен данными с OPC-сервером.

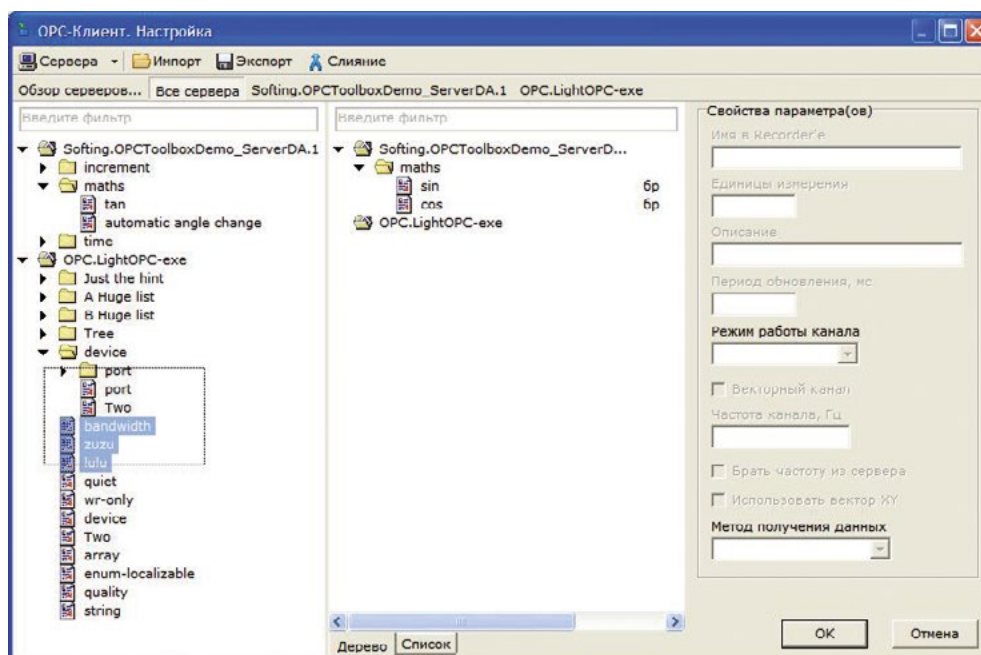


Рисунок 17.2. Окно настройки OPC-клиент

В области слева (см. Рисунок 17.2) отображены все сервера и их параметры, которые можно добавить в конфигурацию. Соответственно текущая конфигурация (список параметров) отображается в центральной области.

Справа расположена область редактирования параметров, предназначенная для изменения свойств параметров в текущей конфигурации (см. Рисунок 17.3).

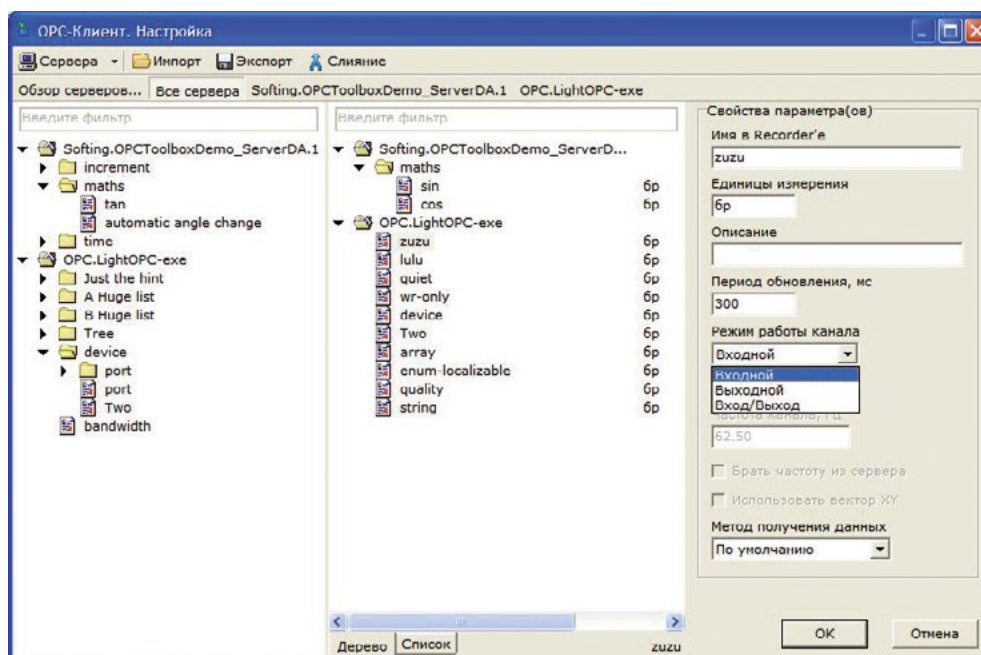


Рисунок 17.3. Окно настройки OPC-клиент

На рисунке 17.3 в области текущей конфигурации выделено 10 параметров. Их редактирование осуществляется в области справа. Для каждого параметра существуют следующие настройки:

- Имя в Recorder – имя канала в ПО Recorder. Имя параметра и имя соответствующего ему канала в Recorder'е могут различаться, но по умолчанию они равны друг другу. Существуют ситуации, когда необходимо поменять имя канала (например, если используется другое наименование или другая схема именования каналов). Возможен случай, когда имена каналов для разных параметров будут совпадать и им придётся дать разные имена. В плагине реализована автоматическая проверка уникальности имён и разрешения конфликтов. Если имя параметра и имя канала различаются, то в этом случае в списке имя канала указывается в скобках;
- Единицы измерения – справочная информация, в свойства канала ПО Recorder не заносится;
- Описание - описание канала, заносится в свойства канала ПО Recorder;
- Период обновления – период, с которым плагин запрашивает данные;
- Режим работы канала:
  - Входной (указывается по умолчанию) – данные принимаются из сервера в канал Recorder;
  - Выходной – данные из ПО Recorder передаются на сервер;
  - Вход/Выход – данные могут передаваться в обе стороны;
- Векторный канал - указывает плагину, что данный параметр является массивом данных, то есть вектором, и для его приёма необходим векторный канал;
- Частота канала – в случае приёма векторного параметра, необходимо указать частоту канала;
- Брать частоту из сервера – указывает плагину, что частоту канала следует использовать такую же как на сервере;
- Использовать вектор XY – вместо обычного векторного канала использовать специальный вектор с метками времени;
- Метод получения данных – метод, с помощью которого плагин будет принимать данный параметр:
  - Синхронный – клиент периодически делает запрос серверу и получает данные в ответ;
  - Асинхронный – клиент периодически делает запрос серверу, но получает данные не сразу же, а спустя некоторое время;
  - По подписке – клиент информирует сервер о том, что он желает получать данные с определенной периодичностью и сервер сам отправляет данные клиенту;
  - По умолчанию – метод получения данных определяется в настройках сервера.

В нижней части списка параметров текущей конфигурации, рядом с табом «Дерево/Список» (режим просмотра текущей конфигурации, см. Рисунок 17.3) расположена строка описания. Она подсказывает, что в данный момент выделено в этом списке. Если выделено несколько параметров, то строка будет иметь вид «Выделено: N шт.». Это значит, что изменения, произведённые в области редактирования, будут касаться всех этих параметров. Если в списке выбрать групповой узел, то изменения будут касаться всех параметров в этой группе, а строка примет вид «Выделена группа».

### Фильтрация

Сверху в областях обзора и текущей конфигурации расположены фильтры. При вводе строки в эту область осуществляется фильтрация на основании поиска подстроки в именах параметров (см. Рисунок 17.4). В данном примере показаны все параметры, в имени которых есть подстрока «а».

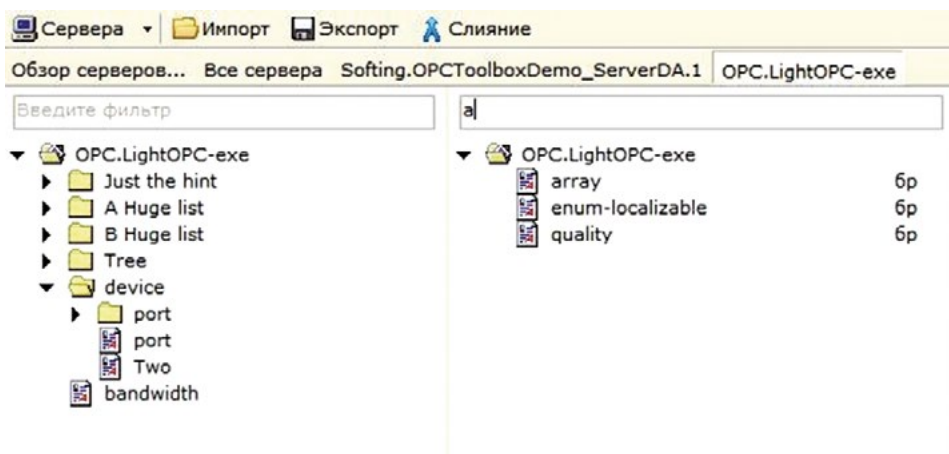


Рисунок 17.4. Фильтрация по имени параметра

Возможна фильтрация по серверам, для чего используются расположенные рядом с кнопкой «Обзор серверов...» кнопки-фильтры для каждого сервера. При нажатии на кнопку, соответствующую определенному серверу, в списке параметров текущей конфигурации отображаются параметры только с этого сервера (см. Рисунок 17.5).

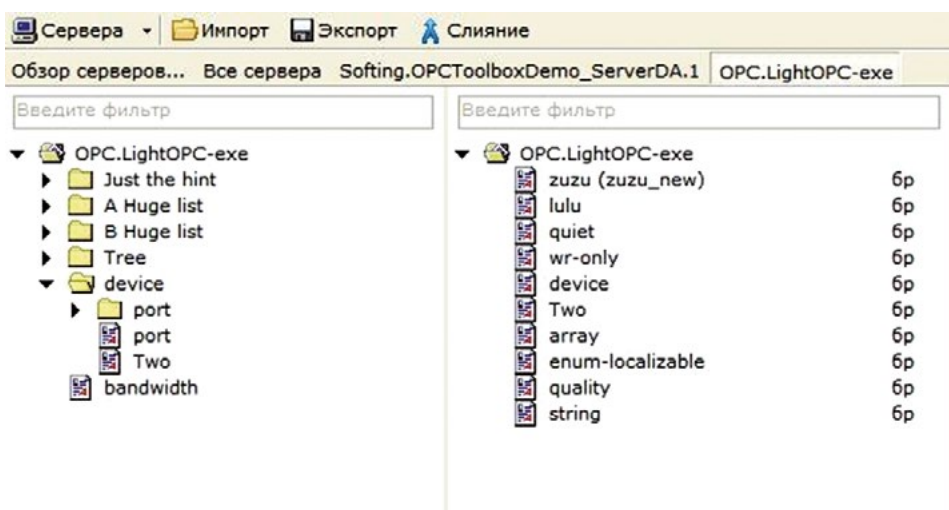


Рисунок 17.5. Фильтрация по серверам

## Плагин «Расчётные параметры»

ПО «Расчётные параметры» является плагином для Recorder, который предназначен для создания пользовательских скриптов (программ для расчёта требуемых параметров). Расчётный параметр – это по сути формула для вычисления измерительных данных из различных измерительных каналов.

Для каждого расчётного параметра создаётся отдельный виртуальный канал (кнопка , см. Рисунок 18.1).

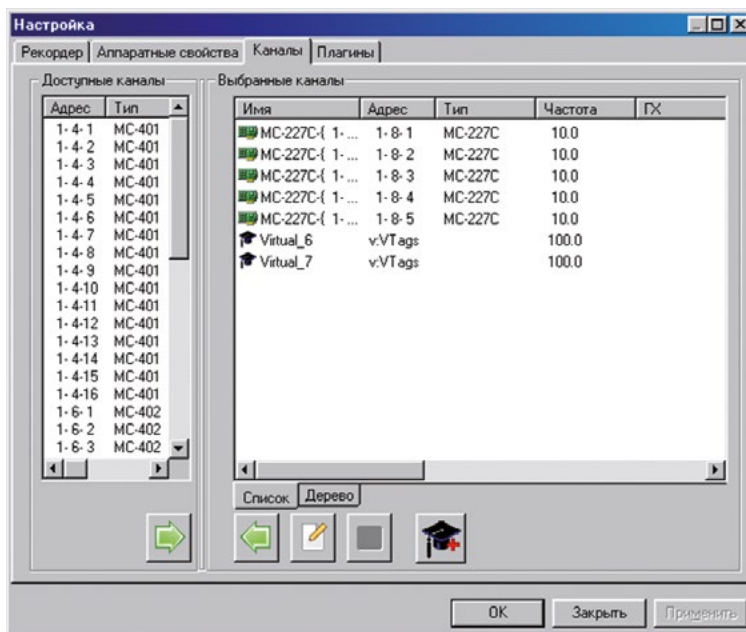


Рисунок 18.1. Создание виртуальных каналов в Recorder

В окне настройки расчётных параметров (см. Рисунок 18.2) осуществляется редактирование и настройка скриптов.

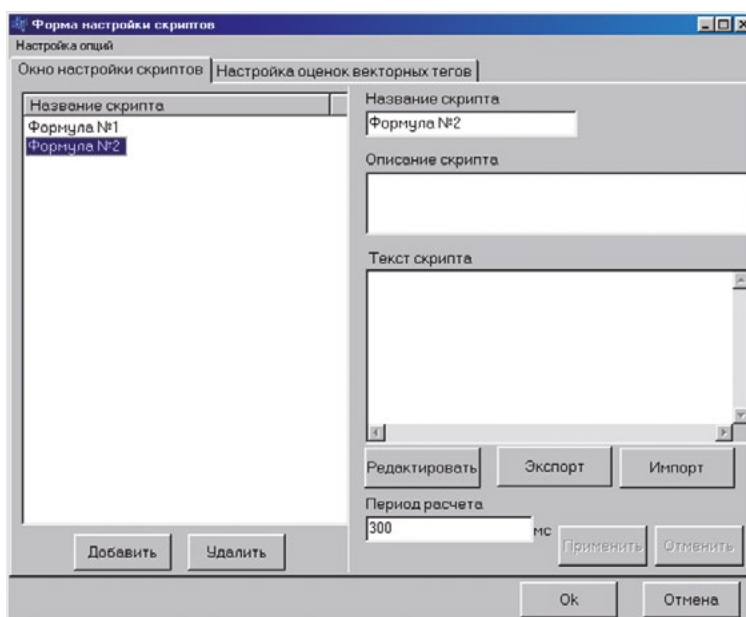


Рисунок 18.2. Форма настройки скриптов плагина «Расчётные параметры»



### Функции

- Добавить/Удалить – создание/удаление нового скрипта (формулы);
- Редактировать – редактирование выбранного скрипта, открывает окно редактора формул (см. Рисунок 18.3).

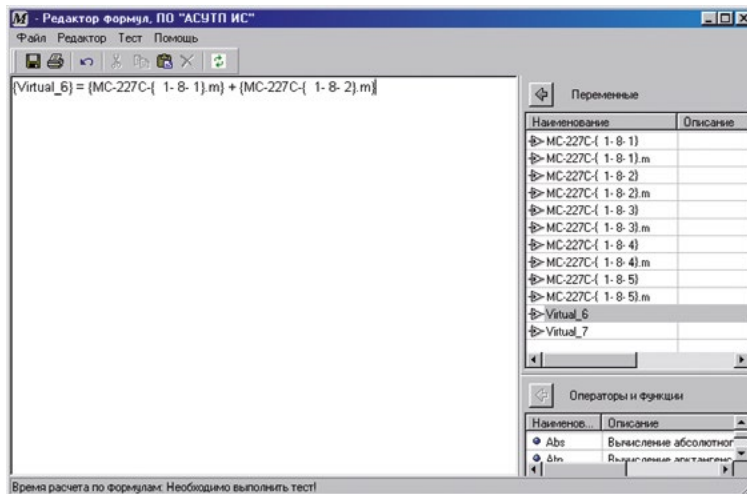


Рисунок 18.3. Окно редактирования формул с примером заданной формулы расчётного параметра для виртуального канала Virtual 6

Введённые в редакторе формулы отображаются в поле «Текст скрипта» окна формы настройки скриптов (см. Рисунок 18.4).

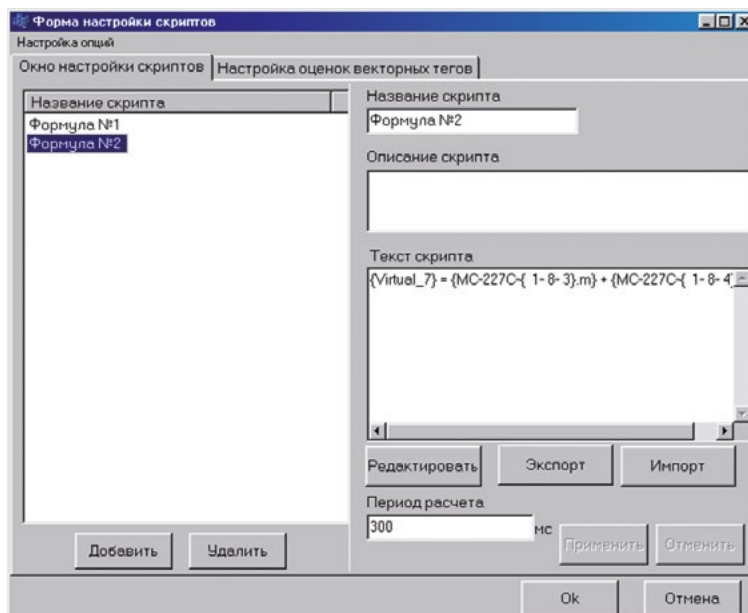


Рисунок 18.4. Форма настройки скриптов. Текст скрипта

Все элементы формулы – это каналы, записанные в фигурных скобках {имя канала}. Используя имеющиеся в списке операторы и математические функции (см. Рисунок 18.3), можно записать любую сложную формулу.

После завершения настроек в созданные виртуальные каналы Virtual\_6 и Virtual\_7 будут поступать данные, соответствующие введенным формулам.

## Плагин plgARINC 429

Плагин для Recorder plgARINC 429 предназначен для приёма данных по последовательному протоколу ARINC 429 с помощью плат PCI429-3.

Плагин определяет наличие подключенных плат PCI429-3 и получает о них необходимую информацию. Пользователь может работать с выбранным устройством (платой) или сразу со всеми.

Каждое устройство содержит фиксированное число каналов, по которым принимаются данные. По каналу передаются параметры, содержащие реальные данные. Данная трёхуровневая иерархия (верхний уровень – устройство (плата), средний – каналы, нижний – параметры) отображается в окне настройки плагина (см. Рисунок 19.1).

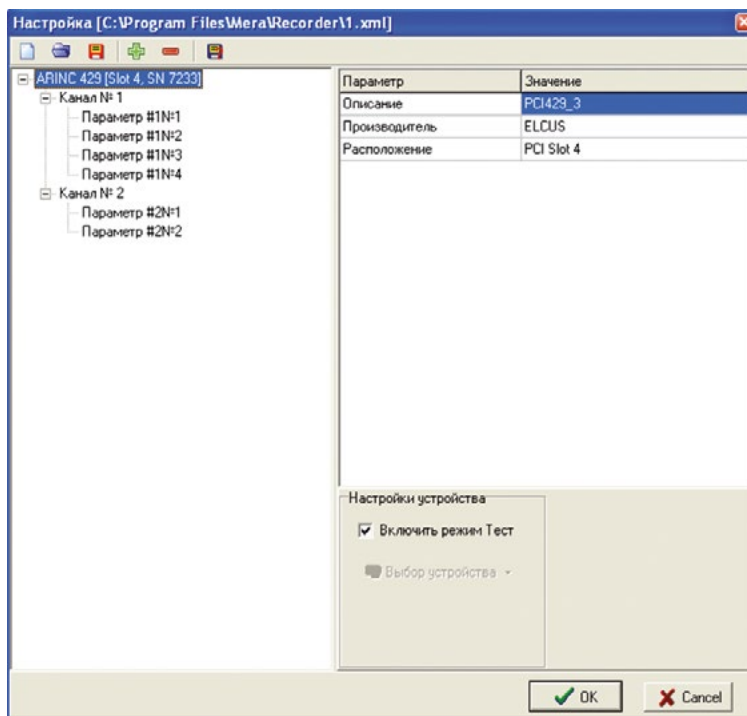


Рисунок 19.1. Окно настройки плагина plgARINC 429

Слева находится дерево иерархии устройств, каналов и параметров. Справа находятся две зоны свойств, в которых отображаются свойства текущего узла дерева. Вверху имеется панель с кнопками управления.

При активации функции «Включить режим Тест» приём данных будет производиться из самой платы, то есть она будет сама передавать и принимать данные. В качестве тестового сигнала генерируется сигнал «пила».

Функция «Выбор устройства» предназначена для изменения устройства у данного набора каналов и параметров (если, например, плата, с которой работали, вышла из строя и ее заменили). Кнопка «Выбор устройства» позволяет выбрать из выпадающего списка новое устройство (см. Рисунок 19.2).

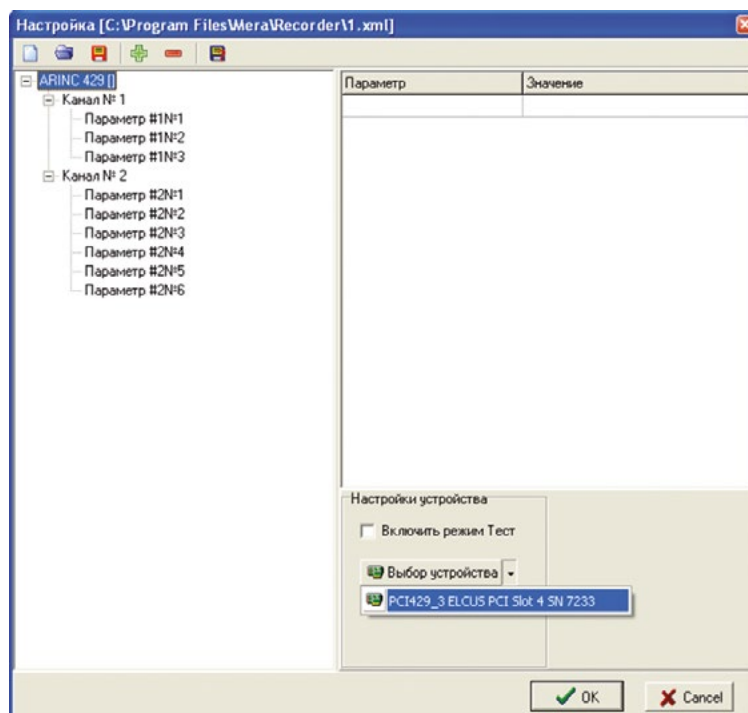


Рисунок 19.2. Замена устройства

Непосредственно для канала указывается только один параметр – частота, которую можно выбрать из трех значений 12,5 кГц, 50 кГц и 100 кГц (см. Рисунок 19.3).

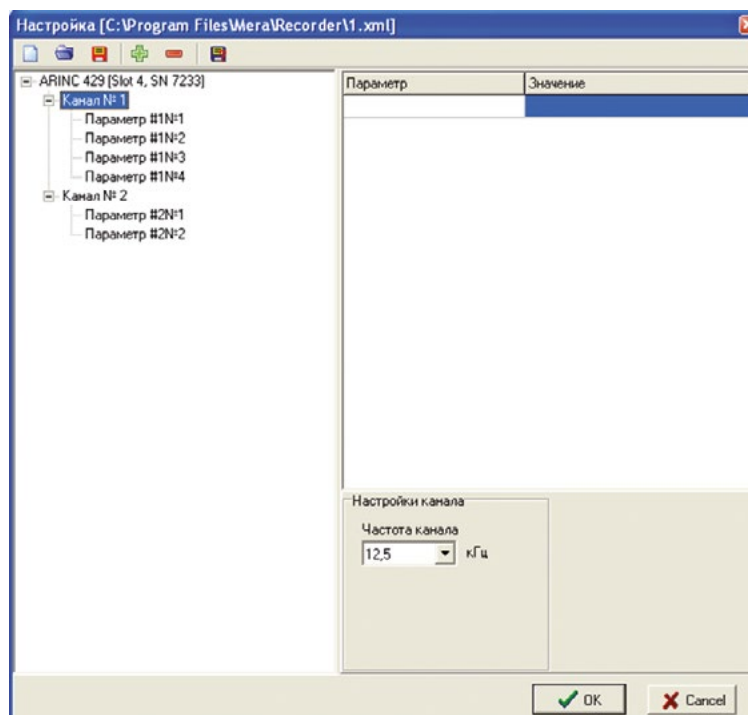


Рисунок 19.3. Свойства канала

**Настройки параметра** (см. Рисунок 19.4):

- Имя – уникальное наименование параметра (отображается в дереве слева);
- Описание – указываются пояснения к данному параметру;
- Единицы измерения – единицы, в которых измеряется данный параметр;
- Коэффициент – вещественное число, на которое умножаются все данные, принятые по этому параметру;
- Минимум и максимум – минимальный и максимальный диапазоны данных по данному параметру;
- Не принимать параметр – при приёме данный параметр пропускается;
- Порядок приёма – указывает порядок, в котором будет приниматься параметр;
- Адрес параметра – адрес во внутренней памяти устройства, где находится информация о параметре.

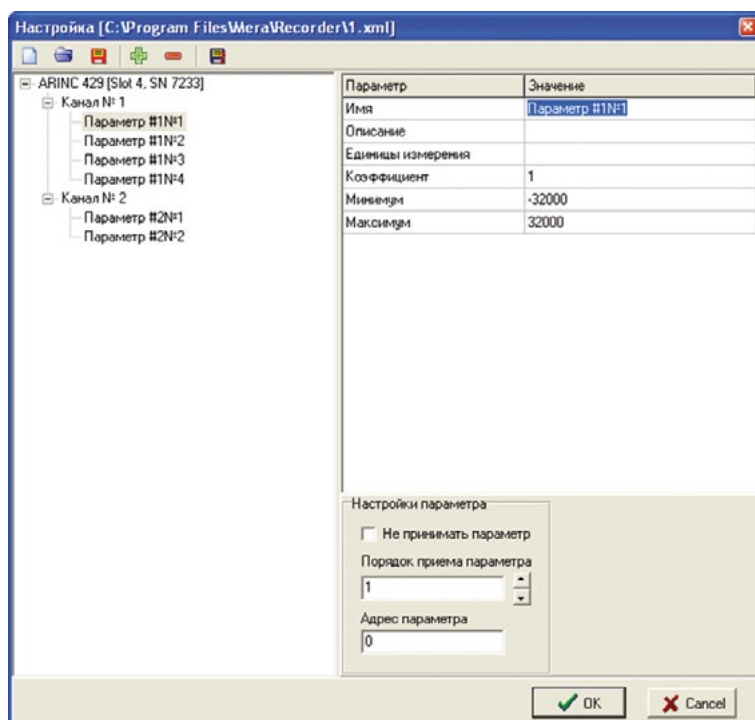


Рисунок 19.4. Свойства параметра

